



**Diogo de Menezes
Caldas Ribeiro de
Almeida**

**Abastecimento das Linhas e Layout de uma Fábrica
de Calçado**



**Diogo de Menezes
Caldas Ribeiro de
Almeida**

**Abastecimento das Linhas e Layout de uma Fábrica
de Calçado**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica do Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira, Professor Associado com Agregação do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

Dedico este relatório de projeto à Mara e a toda a minha família em especial aos meus pais pelo incansável apoio e ajuda em todos os bons e os maus momentos.

o júri

presidente

Prof. Doutor José António de Vasconcelos Ferreira

professor associado do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Luís Miguel Cândido Dias

professor associado com agregação da Faculdade de Economia da Universidade do Coimbra

Prof. Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira

professor associado com agregação do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Este projeto é o resultado final de um longo percurso académico, onde foram dedicadas horas incansáveis de estudo e dedicação. A sua concretização apenas foi possível com a ajuda, apoio, companheirismo e amizade de muitas pessoas.

Em primeiro lugar aos meus pais por tornarem possível todo este percurso com toda a ajuda necessária e me terem ensinado tudo o que sei hoje. Por todo o amor, carinho e apoio nos bons e nos maus momentos. Por acreditarem sempre em mim o meu muito obrigado.

Aos meus irmãos por todo o apoio, força, ensinamentos e me ajudarem sempre que precisei. Estiveram sempre presentes!

À minha namorada Mara por todo o amor, carinho, paciência, companhia e incansável apoio ao longo destes anos. Aprendi a lutar por mim contigo e fizeste-me crescer muito. Muito obrigado, amo-te.

Ao Américo e ao grupo Oldschool por todas as aventuras, companheirismo e espírito académico. Sem vocês Aveiro não seria a mesma coisa.

Ao grupo spot que estando ou não presentes fisicamente, contei sempre com eles.

Ao meu orientador da Universidade de Aveiro, Prof. Doutor Carlos Ferreira pela disponibilidade, sugestões e críticas necessárias para a elaboração deste projeto.

Por fim, a todos os colaboradores da Ecco'let Portugal em que tive o prazer de trabalhar e em especial ao meu orientador Eng. Paulo Seabra por todos os ensinamentos ao longo do estágio.

palavras-chave

Lean Manufacturing, Sistema Kanban, Sistema Pull, Layout, Layout Industrial, Mizusumashi, Balanceamento da Linha.

resumo

O presente trabalho é produto de um projeto desenvolvido na empresa Ecco'let Portugal e é composto por dois temas interligados. No primeiro tema pretende-se otimizar o abastecimento às linhas de montagem e de acabamento. Neste caso o uso da filosofia *lean* e do sistema *kanban* foi uma constante dados os objetivos traçados pela empresa. Foi ainda utilizado um sistema *milk run* para o abastecimento dos materiais. No segundo tema pretende-se otimizar o *layout* de um dos pavilhões da fábrica após a realização de obras. Para tal foi utilizado o *software AutoCad*. Nos dois temas, os objetivos traçados foram alcançados na medida em que o abastecimento passou a ser automatizado, sem ruturas de materiais nas linhas e o layout passou a ter uma sequência de trabalhos bem delineada resultando num menor tempo de processamento.

keywords

Lean Manufacturing, Kanban System, Pull System, Layout, Industrial Layout, Mizusumashi, Line Balancing.

abstract

This work is the product of a Project that took place in Ecco'let Portugal and consists in two related subjects. In the first one, it is intended to optimize the supply of the assembly and finishing lines. In this case the use of lean philosophy and kanban systems was a constant given the goals established by the company. It was also used a milk run system for supplying all the materials. In the second subject is intended to optimize the layout of one of the halls of the plant after the completion of construction works. For this case, it was used the AutoCad software. In both cases, the objectives were achieved in that the supply has become automated, without ruptures of material in the lines and become to have a sequence of works well delineated resulting in shorter processing times.

Índice

1	INTRODUÇÃO	12
2	CONCEITOS E PRINCÍPIOS DO <i>LEAN MANUFACTURING</i> E DO <i>LAYOUT</i> FABRIL	13
2.1	<i>LEAN MANUFACTURING</i>	13
2.2	SISTEMA <i>PULL</i>	17
2.3	<i>KANBAN</i>	17
2.3.1	FUNÇÃO E REGRAS NA APLICAÇÃO DO <i>KANBAN</i>	18
2.3.2	TIPOS DE <i>KANBAN</i>	21
2.4	<i>MILK RUN</i>	22
2.4.1	TIPOS DE SISTEMAS <i>MILK RUN</i>	24
2.5	BALANCEAMENTO DAS LINHAS DE ACABAMENTO	26
2.5.1	TIPOS DE BALANCEAMENTO	28
2.5.2	CONSIDERAÇÕES NO BALANCEAMENTO DAS LINHAS	30
2.6	<i>LAYOUT</i> FABRIL	32
2.6.1	FATORES CONDICIONANTES NA REALIZAÇÃO DE UM <i>LAYOUT</i>	33
2.6.2	AValiação DE UM <i>LAYOUT</i>	34
2.7	CONCLUSÃO	36
3	DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO	37
3.1	APRESENTAÇÃO DA ECCO'LET (PORTUGAL)	37
3.2	PROCESSO PRODUTIVO DO CALÇADO INJETADO	39
3.3	BREVE DESCRIÇÃO DO 1º CASO DE ESTUDO	40
3.4	ESTADO DA FÁBRICA NO INÍCIO DO ESTÁGIO	41
3.4.1	PERCURSO DE ABASTECIMENTO NA FÁBRICA	42
3.4.2	ÁREA DE MONTAGEM	43
3.4.3	ÁREA DE ACABAMENTO	46
3.5	DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS	53
3.5.1	ÁREA DE MONTAGEM	53
3.5.2	ÁREA DE ACABAMENTO	54
3.6	METODOLOGIA	56
3.6.1	PERCURSO DE ABASTECIMENTO À FÁBRICA	56
3.6.2	ÁREA DE MONTAGEM	57
3.6.3	ÁREA DE ACABAMENTO	59
3.7	BREVE DESCRIÇÃO DO SEGUNDO CASO DE ESTUDO	65
3.7.1	ESTADO DA FÁBRICA NO INÍCIO DO CASO DE ESTUDO	65
3.7.2	DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS	66
3.7.3	METODOLOGIA	66
4	RESULTADOS	68
4.1	PERCURSO DE ABASTECIMENTO À FÁBRICA	68
4.2	ÁREA DE MONTAGEM	69
4.3	ÁREA DE ACABAMENTO	70
4.4	SEGUNDO CASO DE ESTUDO	72
5	CONCLUSÕES E FUTUROS DESENVOLVIMENTOS	74

5.1	CONCLUSÕES	74
5.2	LIMITAÇÕES ENCONTRADAS E PROPOSTA PARA FUTURAS OTIMIZAÇÕES	75
	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	<u>76</u>

Índice Tabelas

Tabela 1: Princípios na aplicação do <i>Lean Manufacturing</i> citada de Cuatrecasas Arbós, (2002) ...	15
Tabela 2: Produtividade e eficiência de alguns modelos produzidos no início do estágio	52
Tabela 3: Produtividade e eficiência esperada para alguns modelos produzidos	64
Tabela 4: Produtividade e eficiência de alguns modelos produzidos no final do estágio	71

Índice Equações

(1) Percentagem de tempo inativo.....	53
(2) Número mínimo de postos de trabalho.....	53
(3) Tempo de execução de todas as tarefas.....	53

Índice Figuras

Figura 1: Ilustração do sistema <i>Milk Run</i> - citado de Singh & Saini, (2011).....	24
Figura 2: Fases do sistema <i>Milk Run</i> - traduzido de Nomra & Takakywa, (2006)	25
Figura 3: Exemplo de um trajeto <i>Milk Run</i> - citado de Nomura & Takakuwa, (2006)	25
Figura 4: Gráfico de Precedências entre Tarefas - citado de Boysen et. al (2007)	27
Figura 5: Três Modelos de Balanceamento - citado de Becker & Scholl, (2006).....	28
Figura 6: Utilização dos Três Modelos de Balanceamento - citado de Boysen et. al, (2008).....	30
Figura 7: Esquema de uma unidade fabril com dois andares - citado de Drira, A & Pierreval, H. & Hajri-Gabouj, S. (2007).....	34
Figura 8: Fábrica Ecco'let (Portugal).....	37
Figura 9: Máquina de Injeção de Poliuretano (PU).....	38
Figura 10: Desenho e molde de um sapato Ecco.....	39
Figura 11: Estante de apoio à máquina de injeção dezoito estações	44
Figura 12: Estante de apoio à máquina de injeção de trinta estações.....	46
Figura 13: Posto de trabalho de aplicação dos formadores na linha de acabamento.....	49
Figura 14: Caixas utilizadas para as matérias-primas da área de montagem	58
Figura 15: Caixa de divisórias e papel de embalar com <i>kanban</i>	61
Figura 16: <i>Layout</i> do pavilhão dois e três da fábrica Ecco'let Portugal.....	66
Figura 17: <i>Layout</i> e percurso do <i>Mizusumashi</i>	68
Figura 18: Estante de apoio com identificações.....	70
Figura 19: Creme em <i>spray</i> com sistema <i>kanban</i>	71
Figura 20: Novo <i>layout</i> do pavilhão três e dois à direita e à esquerda respetivamente.....	72

1 Introdução

Atualmente, com a crise existente em todo o mundo e principalmente em Portugal onde é muito severa, as dificuldades das empresas têm-se agravado. Não obstante este cenário, a indústria do calçado é uma das poucas que se pode orgulhar de estar em crescimento neste momento.

O grupo Ecco é uma das principais empresas do mundo na indústria do calçado e conta com uma fábrica em Portugal, a Ecco'let Portugal, local onde o projeto, que se descreve nesse trabalho, foi desenvolvido.

O projeto é constituído por dois temas interligados. O primeiro é a otimização do abastecimento de materiais e matérias-primas à fábrica e balanceamento das linhas de acabamento. Neste caso, utilizando a metodologia *lean* pretende-se desenvolver um sistema *milk run* com uso de *kanbans*. O segundo diz respeito à otimização do *layout* de um dos pavilhões. Isto será realizado com o apoio do software *AutoCad* e pretende melhorar o *layout* de um dos pavilhões após a realização das obras previstas. Nos dois casos será necessário um estudo profundo para dominar as áreas abrangidas pelos temas para uma melhor implementação de todos os sistemas.

O presente relatório está dividido em cinco capítulos. No primeiro é feita uma introdução ao projeto e descrição do relatório. No segundo é apresentado uma breve revisão bibliográfica das áreas abrangidas pelo projeto. Ou seja, ao *lean manufacturing*, *sistema pull*, *kanban*, *milk run*, balanceamento das linhas e *layout* fabril. No terceiro capítulo, é feita a descrição do caso de estudo. Neste capítulo é apresentada a empresa, descrito o processo produtivo do calçado injetado, descrito o primeiro e segundo casos de estudos, definidos os objetivos para os dois casos e por fim a metodologia utilizada para o alcance desses mesmos objetivos. No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos nas áreas abrangidas pelo projeto, isto é, percurso de abastecimento à fábrica, linhas de montagem e de acabamento e o segundo caso de estudo (*layout* do terceiro pavilhão). No quinto capítulo são apresentadas as conclusões, limitações e futuras possibilidades de otimizações. O relatório termina com as referências bibliográficas atualizada.

2 Conceitos e Princípios do *Lean Manufacturing* e do *Layout* Fabril

O presente capítulo destina-se a expor todos os conteúdos teóricos utilizados durante a execução do projeto. Estão organizados de forma convergente, iniciando-se o capítulo pelo *lean manufacturing*, onde se explica toda a sua filosofia. Posteriormente, é descrito o sistema *pull*, o sistema *kanban* e o *milk run*. Nestes três subcapítulos, é fundamentado todo o trabalho de otimização no abastecimento das linhas de acabamento e montagem. O capítulo segue com o balanceamento das linhas de acabamento onde é fundamentado teóricamente como tal foi feito. Por fim, o capítulo termina com a exposição dos conteúdos teóricos referentes ao *layout* fabril.

2.1 *Lean Manufacturing*

Após a segunda guerra mundial as fábricas enfrentaram uma grande escassez de material, recursos financeiros e humanos. Estas condições fizeram com que nascesse o conceito *lean manufacturing* (Womack et al., 1990 citado em Abdulmalek F. & Rajgopal J. 2007).

Kiichiro Toyota, presidente da Toyota na altura, reconheceu que as empresas de automóveis americanas produziam muito mais que as empresas japonesas. Perante isto, alguns líderes japoneses, como Toyota, Shigeo Shingo e Taiichi Ohno responderam ao desafio, criando um novo, e disciplinado, sistema orientado para o processo, que é hoje conhecido como *Toyota Production System (TPS)* ou *Lean Manufacturing*. O sistema tem como princípio identificar as maiores fontes de desperdício, para posteriormente utilizar sistemas como o *just-in-time (JIT)*, nivelamento de produção, redução do tempo de produção, entre outros, na eliminação desse desperdício (Abdulmalek & Rajgopal, 2007).

Rahan & Muhammad, (2012) afirmam que o foco da utilização de *lean manufacturing* é redução de custos, eliminando atividades que não têm valor através da aplicação de uma filosofia de gestão focalizada em identificar e eliminar desperdício em cada passo do processo produtivo em termos de energia, tempo, movimento e recursos.

De uma maneira geral, *lean manufacturing* é uma combinação de técnicas e atividades para gerir uma produção numa indústria ou numa empresa de serviços. Estas técnicas ou atividades podem não ser iguais durante a implementação, mas têm todas o mesmo princípio que é a eliminação de atividades sem valor e do desperdício dentro do negócio.

Para identificar todas as atividades (tanto as que dão valor como as que não dão, assim como possível desperdício), é necessário realizar um *value stream mapping* (VSM) que essencialmente se traduz numa operação que faz o levantamento de todas as atividades e processos numa fábrica, com o objetivo de identificar fontes de desperdício e descobrir as ferramentas *lean* apropriadas para reduzir o desperdício.

Rother & Shook (1999) citados em Abdulmalek & Rajgopal, (2007) asseguram que são necessários três passos para implementar um VSM. No primeiro passo, escolhe-se o produto ou família de produtos que se quer melhorar. O segundo passo prende-se com desenhar o estado atual do processo produtivo, ou seja, descrever como está o processo produtivo antes da implementação da filosofia *lean*. Por fim, o terceiro passo num VSM consiste em criar um mapa futuro do processo produtivo, mostrando como o processo produtivo deverá ficar após serem solucionados os problemas existentes.

Já Rahani & Muhammad, (2012) referem que para se implementar um VSM, são necessários os seguintes passos:

- Obtenção dos dados do tempo de ciclo;
- Obtenção dos dados do tempo de transição;
- Obtenção dos dados iniciais de todos os tempos de ciclo, tempos de desperdício e tempos de processamento em fila de espera;
- Obtenção dos dados da percentagem de rejeição e de trabalho em processamento;
- *Gemba* – lugar onde é criado valor, ou seja, onde é feito o trabalho;
- Estabelecimento do VSM;
- Iniciativas *Kaisen*;
- Supervisão e melhoramento.

Após a implementação de um VSM, uma empresa está pronta para implementar a filosofia *lean* que inclui, por exemplo, o sistema *Kanban* (controlo de inventário) proveniente de um sistema de produção com filosofia *pull*.

Utilizando uma filosofia *lean*, conseguem-se melhoramentos interessantes ao nível da eficiência, velocidade de resposta e flexibilidade na produção. Estes melhoramentos acontecem ao nível da gestão baseada nos processos, eliminação do desperdício e implementação muito flexível destes processos. Isto permite às empresas oferecerem uma vasta diversidade de produtos, a um preço mais baixo, com altos níveis de produção, velocidade de entrega aos clientes, um *stock* mínimo e uma ótima qualidade (Arbós, 2002). É possível produzir todos os produtos adaptados aos pedidos dos clientes e usando o mínimo de recursos. Ou seja, produz-se apenas o que será encomendado (sistema *pull*), e não grandes lotes de produtos como nos sistemas normais de produção que funcionam de acordo com as expectativas dos gestores (sistema *push*). Estes sistemas levam a que muitas vezes as empresas fiquem com *stock* que não é vendido. Dito isto, consegue-se reduzir o custo dos produtos, manter a mesma qualidade e até aumentar a velocidade de resposta.

Cuatrecasas Arbós, (2002) refere que para conseguir atingir aqueles objetivos, sem ser preciso recorrer a economias de escala, a filosofia *lean* é baseada em dois princípios:

- Primeiro, é necessário que funcione com o mínimo número de atividades possíveis. Para conseguir isto, todas as atividades que não acrescentam valor, deverão ser eliminadas, incluindo processos desnecessários, assim como carga e movimentos de recursos desnecessários. Todos os tipos de *stock* que resultam em aumento de custos, além de produtos defeituosos e todos os tipos de atrasos que seriam prejudiciais para a qualidade e resposta da produção, também deverão ser eliminados. Além disso, toda a

produção que não faz parte das encomendas é considerada desperdício, pelo que evitando este desperdício é possível obter-se um produto ou serviço mais rápido, apropriado e mais barato;

- Segundo, é fundamental que todo o sistema esteja sempre adaptado ao tipo e volume de produção pedida. Este segundo princípio, vai de encontro ao segundo principal aspeto de um sistema *lean* que é a flexibilidade deste sistema se adaptar às circunstâncias em que a fábrica se encontra.

Nada disto será atingido sem o acompanhamento pela gestão e estudo de todos os aspetos envolvidos. Arbós, (2002) mostra isto bem na tabela seguinte, Tabela 1:

Tabela 1: Princípios na aplicação do *Lean Manufacturing* citada de Cuatrecasas Arbós, (2002)

Lean		ASPECTS OF IMPLEMENTATION AND MANAGEMENT				
Arrangement		Arrangement	Batch size	Operations	Personnel	Quality-maint.
WASTE	Excess production	Functional improvement but convert to linear flow for remaining waste	Production batch: small and attuned to demand	Rapid preparation necessary for small production batch	Versatile and re-assignable when production is sufficient	No excess: quality and maint. assure proper production
	Unsuitable process	Linear flow (fewer activities not adding value)	Transfer batch: one unit: simplified handling	Regular flow: balance of workstations (single cycle)	Versatile, trained and qualified for different workstations	Suitable process and equip. maint. assure quality the first time
	Stocks	Linear flow (operation with no accumulation of materials at workstations)	Process batch: small Transfer batch: one unit	Regular flow: balance of workstations (single cycle)	Multi-task versatile to facilitate balance	No stocks: quality and maintenance prevent stoppage
	Waits	Linear flow operation with no waits for materials at workstations	Process batch: small Transfer batch: one unit	Regular flow: balance of workstations (single cycle)	Multi-task versatile to facilitate balance	No stocks: quality and maintenance prevent stoppage
	Transport	Linear flow with operations nearby and short distances between lines	Transfer batch: one unit	Regular flow, in addition to small transfer batch and operations nearby	Multi-task versatile, working standing up	No stocks: quality and maintenance prevent backlogs
	Movements	Linear flow with operations nearby and short distances between lines	Transfer batch: small: one unit	Regular flow, with small transfer batch and short distances	Multi-task versatile, working standing up	No stocks: quality and maintenance prevent backlogs
	Quality	Linear flow (errors more predictable and in fewer units)	Transfer batch: one unit: errors in only one unit	Self-monitoring. Autonomisation and/or <i>poka-yoke</i>	Trained, qualified and motivated	Quality and maint. assure 100% quality
FLEXIBILITY		Closed linear flow (U physical arrangement) to facilitate re-assignment	Production batch: small and attuned to demand	Balanced workstations with single cycle = variable takt time	Balanced workstations with variable takt time, by re-assignment	Quality and maint. assured for different products and volumes

Quando existem problemas ao nível do processo produtivo ou até mesmo na organização da fábrica, muitas vezes as empresas esquecem-se que a implementação de um sistema *lean* pode não ser tão difícil de aplicar nem tão caro como por exemplo o desenvolvimento de novos sistemas ou a compra de novas tecnologias.

Allway & Corbett, (2002) referem que existem cinco fases principais na implementação de um sistema *lean*, nomeadamente:

- Fase um: Avaliar do estado atual da fábrica;
- Fase dois: Determinar o futuro estado da fábrica;
- Fase três: Estabilizar as operações;

- Fase quatro: Otimizar as oportunidades;
- Fase cinco: Implementar a abordagem *lean*.

Na primeira fase deve-se verificar o nível de excelência em que a fábrica se encontra e analisar quais as fontes de desperdício e onde existem oportunidades de melhoramento. Para isso é necessário fazer um mapa atual de todo o sistema em que estejam especificados os custos e recursos de cada etapa do processo produtivo, as medidas obtidas tanto para os tempos de ciclos como tempos de espera dos materiais e, também uma avaliação geral do que foi analisado. Uma ferramenta muito útil para tal é o VSM como se referiu anteriormente.

Posteriormente à análise do estado atual da fábrica, e após serem determinadas e analisadas as fontes de desperdício, assim como as oportunidades de melhoramento, é necessário estabelecer metas futuras. É aqui que entra a fase dois do modelo. Nesta fase, de uma maneira geral, é definido o que está para vir, ou seja, o que se pretende realizar na fábrica no futuro. Estas metas deverão estar sempre ligadas com a estratégia definida pela organização. É necessário que todos os trabalhadores estejam a par da situação da empresa e do que os gestores e diretores da mesma planeiam fazer no futuro. Para que haja realmente uma melhoria geral no futuro, é necessário também que se estabeleçam indicadores alvo a todos os níveis da organização, isto é, metas a curto prazo e um plano realizado pelos diretores da empresa a longo prazo comunicado posteriormente a todos os trabalhadores.

Após esta fase vem a fase três que é onde se estabilizam as operações. Nesta fase, começam-se a implementar as soluções para os problemas descobertos na fase um. Só assim é que a empresa vai melhorar, pois caso se encontrem as causas dos problemas mas não se faça nada para resolvê-las, a organização vai continuar igual. Assim nesta fase implementam-se as soluções encontradas para os problemas e avalia-se o progresso alcançado. Este processo por vezes torna-se bastante complicado, dado que em alguns casos está-se a resolver problemas muito antigos e que, precisamente por isso, são difíceis de solucionar.

Resolvidos os problemas existentes chega a fase quatro, em que se otimizam as oportunidades encontradas. Uma empresa que implemente o modelo de Allway & Corbett, (2002) corretamente, quando chega a esta fase começa a observar as mais-valias do trabalho realizado nas fases anteriores. Nesta fase o desenvolvimento e criação de novos produtos provenientes das oportunidades encontradas deverão servir para, não só acabar com as dificuldades mas também levar a empresa a atingir as metas definidas.

Por último é necessário implementar a abordagem *lean*. Está-se a falar da fase 5 em que o sistema *lean* se torna o tópico mais importante da organização. Ou seja, é necessário que se implemente o sistema juntamente com melhorias contínuas para tirar vantagem do impacto inicial e atingir todos os objetivos através da redução de custos e melhorando a qualidade e entrega de produtos. Para conseguir atingir estas melhorias contínuas é necessário não só excelentes capacidades de liderança mas também boas capacidades de diálogo em todos os níveis da organização, uma vez que se não se souber comunicar as ideias e metas a atingir em todos os níveis da organização as boas capacidades de liderança não servirão de nada.

2.2 Sistema *Pull*

Ainda é muito comum as empresas nos tempos atuais utilizarem um sistema *push*. Este sistema funciona de acordo com as expectativas criadas pelos gestores para a venda dos seus produtos num período de tempo. Acontece que muitas vezes as expectativas são demasiado elevadas e o que se produz não é vendido ficando como *stock*.

Para não haver excesso de produção foi criado o sistema *pull*. O sistema *pull* baseia-se no conceito de supermercado, no qual os clientes compram produtos que já estão nas prateleiras que posteriormente são enchidas à medida que os clientes vão tirando os produtos. Funciona de maneira completamente oposta ao sistema *push*, isto é, primeiro é feita a encomenda e só após é que se procede à produção da mesma. Com este tipo de sistemas, não há excesso de produção pois apenas se produz o que é encomendado (Team, 2002).

Sistemas *pull* têm sido largamente implementados recentemente nas empresas e constituem um aspeto significativo do *lean manufacturing*. Uma das considerações mais importantes em sistemas como esses é identificar os pontos de controlo, ou seja, onde num processo produtivo colocar os *buffers* de saída. Contentores permitidos, níveis ótimos e a habilidade de os sistemas automaticamente ajustarem os pedidos de stock dependem desses locais de controlo (Askin & Krishnan, 2009).

Assim como todos os sistemas de produção, o sistema *pull* está exposto ao risco de paragem. Este cenário inclui uma avaria da máquina, falta de manutenção, interrupção de trabalho, entre outros. A paragem imprevista tem um impacto significativo no desempenho do processo produtivo, especialmente quando esta paragem ocorre ao nível do estrangulamento produtivo (Lee & Wang, 2007).

Para combater o risco de paragem pode-se usar um sistema *kanban*. Outra possibilidade, é colocar *buffers* no meio das linhas produtivas, uma alternativa contraproducente num sistema *pull*. Primeiro, porque não poderiam ser muito grandes pois não teriam espaço para tal. Segundo, porque essencialmente o *stock* intermédio excessivo não faz parte da filosofia *lean* e, consequentemente de um sistema *pull*.

Para um sistema *pull* obter sucesso terá de respeitar quatro princípios:

- Movimentar os produtos sempre em pequenas quantidades;
- Nivelar os processos de acordo com o tempo de ciclo;
- Sinalizar o reposicionamento através de *kanbans*;
- Nivelar a variedade e quantidade de produtos ao longo do tempo.

2.3 *Kanban*

O elevado número de matérias-primas em movimento na fábrica e os processos produtivos estarem dessincronizados são outros dos problemas da produção *push*. Para combater estes problemas foi criado o sistema de *kanban*, que é uma vertente do sistema *pull*, e que “auxilia” a produção através da utilização uma espécie de cartões. Isto irá fazer com que se aumente a flexibilidade da produção de acordo com as necessidades dos clientes e que não haja excesso de movimentação de matérias-primas na fábrica. Também acabará com os processos produtivos dessincronizados.

Kanban é uma palavra japonesa que significa “cartão” ou “sinal” e é o nome dado a um cartão de controlo de inventário no sistema *pull*. *Kanban* é também considerado como o sistema nervoso de um processo produtivo *lean* visto que controla toda a produção da mesma maneira que o nosso cérebro e sistema nervoso controlam o nosso corpo. Ou seja, num *kanban* está identificada a matéria-prima ou o componente que está a ser utilizado, o sítio de onde vem e para onde vai numa unidade fabril ou até mesmo entre unidades fabris. O primeiro benefício de um sistema que utilize *kanbans* é reduzir o excesso de produção, pois utilizando *kanbans* apenas se produz o que é encomendado, quando é pedido e nas quantidades certas.

Graves et al. (1995) citado em Junior & Filho, (2010) define *kanban* como um mecanismo de controlo do fluxo do material que controla a quantidade e o tempo próprio de produção de produtos necessários. Neste sentido, *kanban* é um sistema de informação que une a fábrica, liga todos os processos uns aos outros e faz a conexão de todo o fluxo de valor até ao pedido do consumidor harmoniosamente (Team, 2002).

Naufal et al. (2012) referem que existem três informações essenciais que devem aparecer num cartão *kanban*:

- Informação sobre o cliente: cliente, nome do produto do cliente, tipo de modelo;
- Informação sobre o produto: nome do componente, imagem do componente, quantidade por lote;
- Local destinado no processo produtivo e área de armazenamento.

Para que um *kanban* funcione corretamente, a empresa em causa terá de se comprometer a um sistema *pull*. Neste sentido, uma abordagem através do uso do sistema *Just-in-time* (JIT) será ideal, visto que é baseado no sistema *lean*. Dado que é também uma ferramenta avançada de controlo visual, para funcionar da melhor forma neste aspeto, é necessário que a empresa a implementar *kanbans* tenha o conhecimento e a disciplina ganha na implementação dos 5S que tem como objetivo promover a organização e disciplinar no local de trabalho.

Utilizando *kanbans*, os trabalhadores, apenas produzirão quando está sinalizado (Team, 2002). Desta forma o *kanban* ajudará a empresa a eliminar excesso de produção, aumentar a flexibilidade de resposta a um pedido do cliente, coordenar a produção de pequenas quantidades de um produto ou de um grande leque de produtos e integrar todos os processos ligando-os ao cliente.

2.3.1 Função e Regras na Aplicação do *Kanban*

Segundo Team, (2002), o *kanban* tem duas principais funções. São elas servir como o sistema nervoso da fábrica numa produção *Just-in-time* (JIT) e melhorar e fortalecer a fábrica.

Na primeira função, pode-se subdividir em captador e informador da ordem de trabalho e, em eliminador do desperdício do excesso de produção. No primeiro caso, o *kanban* fornece informação sobre que matérias-primas ou componentes já foram usados, quantos é que foram usados e onde é que os mesmos deverão ser produzidos. Neste caso o *kanban* funcionará como um sinalizador. No segundo caso o *kanban*, dado que fornecerá informações sobre o que produzir e quando produzir, eliminará o excesso de produção pois apenas se produzirá o que o cliente pedir. Ou seja, o sistema andarà ao contrário de um sistema *push* e de acordo com um sistema *pull* em que o cliente pede, é dada a ordem de produção e apenas se irá produzir o que o cliente pediu.

Na segunda função segundo Team, (2002) o *kanban* serve para melhorar e fortalecer a fábrica. Esta função, também como a primeira, pode ser decomposta em duas. Ou seja, o *kanban* pode ser utilizado como uma ferramenta de controlo visual e uma ferramenta para promover o melhoramento. O *kanban* é utilizado como uma ferramenta visual dado que acompanha todo o processo produtivo, dizendo sempre para onde o produto deve ir e quando este deve ser mais ou menos produzido. É também uma ferramenta para promover o melhoramento pois quando se implementa um sistema de *kanbans* começa-se por introduzir muitos, o que esconde problemas. Reduzindo o número de *kanbans*, os problemas vão começar a aparecer o que vai fazer com que haja a necessidade de acabar com eles e com isto melhorar o sistema. Essencialmente, a função da utilização de *kanban* é reduzir o tempo de processamento e eliminar o excesso de *stock* através de um processo produtivo otimizado.

Existem vários métodos para aplicar um sistema *kanban* numa unidade fabril. Team, (2002) defendem que são necessárias seis regras para aplicar um sistema de *kanban* corretamente.

- Regra um: Processos produtivos finais pedem os produtos dos processos produtivos iniciais;
- Regra dois: Processos produtivos iniciais apenas produzem;
- Regra três: Apenas os produtos cem por cento sem defeitos são enviados para o próximo processo;
- Regra quatro: Nivelamento de produção é essencial;
- Regra cinco: *kanbans* terão sempre de acompanhar os produtos;
- Regra seis: O número de *kanbans* é diminuído com o passar do tempo.

A regra um é uma das regras mais importantes não só destes sistemas mas também de um sistema *lean*. É uma regra que faz com que apenas se façam os produtos que são encomendados para assim evitar excesso de produção. Faz, ainda, com que o sistema funcione ao contrário e que em vez de se pedir as matérias-primas para produção primeiro, se venda primeiro e apenas depois se produza os produtos.

A regra dois faz com que se evite a produção excessiva em certas partes do processo, pois apenas se produzirá o que foi pedido e está escrito no *kanban*. Esta regra também faz com que os trabalhadores produzam os produtos na sequência correta.

A regra três é uma regra tão importante como a primeira. Obedecendo a esta regra, é certo que se obtém produtos cem por cento sem defeitos e com uma qualidade superior.

Ou seja, tendo sempre atenção à qualidade dos produtos a todos os níveis do processo produtivo e não deixando passar produtos com defeitos, no final obtêm-se produtos com um nível superior de qualidade.

Respeitando a regra quatro consegue-se eliminar as variações no fluxo de materiais nos diferentes níveis de processo. Com isto, é possível uma produção mais estável e sem excessos em certos pontos do processo produtivo. Acaba-se com os estrangulamentos.

A regra cinco diz que os *kanbans* deverão sempre acompanhar os produtos durante todo o processo de produção. Dado que o *kanban* é uma ferramenta visual, esta não se pode separar do produto pois caso isto acontecesse corria-se o risco de o produto ir para um lugar que não o seu ou ir para outro processo que não o seguinte na sequência.

A última regra, diz respeito ao melhoramento da fábrica. A regra seis diz que o número de *kanbans* deve minimizar ao longo do tempo para se descobrirem os problemas escondidos pelo excesso de *kanbans* e com isto eliminá-los. Ao eliminar os problemas o sistema ficará melhor.

Por outro lado, Naufal et al. (2012) afirmam que são necessárias três etapas para se conseguir implementar um sistema *kanban* da melhor maneira:

- Passo um: Recolher os parâmetros necessários;
- Passo dois: Calcular a quantidade necessária de *kanbans*;
- Passo três: Estabelecer um mecanismo *pull* e gerir.

Além daquelas seis regras, segundo Naufal et al. (2012) são necessárias algumas ferramentas para sinalizar anomalias e ajudar os trabalhadores a produzirem de acordo com o tempo de processamento. Estas ferramentas são denominadas por quadro *Heijunka* e posto de formação do lote, por exemplo.

Heijunka significa nivelamento de produção, ou seja, um quadro *Heijunka* é usado para nivelar a produção através da distribuição do volume e da variedade dos produtos dentro do tempo disponível. Quando um cartão *kanban* é separado do lote que é pedido, o cartão vai para o posto *Heijunka* para restabelecer os produtos que foram pedidos. Deste modo não se observará uma acumulação de produtos prontos em armazém. Para conseguir obter sucesso na criação de um posto *Heijunka*, Naufal et al. (2012) referem que é necessário seguir quatro diretrizes:

- Determinar o tempo entre pedidos e de transporte;
- Determinar a quantidade de divisórias num posto *Heijunka* baseada na frequência de produtos e suas combinações;
- Definir a variedade de produtos e produção máxima de acordo com as encomendas dos clientes;
- Reunir dados relevantes referentes a entregas de produção de produtos para o posto *Heijunka*.

O posto de formação do lote é utilizado em circunstâncias diferentes das do posto *Heijunka*. Um posto de formação do lote tem como finalidade dar prioridade ao componente que tem de ser produzido. É usado também porque em alguns casos é necessário durante o processo mudar a produção de um produto para outro diferente. O posto de formação do lote reduz o inventário do produto assim como otimiza o número de

mudanças de produção. Assim como para o posto *Heijunka*, Naufal et al. (2012) afirmam que o posto de formação do lote deve incluir as seguintes informações:

- Vários produtos envolvidos na produção;
- Número do tamanho do lote.

2.3.2 Tipos de *Kanban*

Existem vários tipos de *kanbans*, mas segundo Team, (2002) os dois principais são os *kanbans* de transporte e de produção.

Os *kanbans* de transporte servem para indicar quando os produtos ou os diferentes componentes devem movimentar-se. Estes podem subdividir-se em dois tipos: os *kanbans* de fornecedores (usados para pedir e movimentar componentes dos produtos desde os fornecedores até à fábrica) e os *kanbans* dentro da fábrica (utilizam-se para movimentar as componentes ou produtos dentro das linhas de montagem ou entre os vários processos produtivos).

Quanto aos *kanbans* de produção, estes indicam as instruções de vários processos específicos. Assim como nos *kanbans* de transporte, para este caso também existem dois tipos. Os *kanbans* de ordem de produção, que são os mais conhecidos pois quando se fala neste sistema pensa-se logo neste tipo que indica o que é para se produzir e em que quantidades. E os *kanbans* sinalizadores que são utilizados muitas vezes como indicadores de *stock* mínimo, ou seja, são indicadores de que é necessário pedir mais da matéria-prima ou produto onde estão colocados.

Segundo Naufal N. et al. (2012), num sistema de *kanban* existem duas possibilidades de funcionamento. Uma funciona através da utilização de apenas um dos tipos de *kanban* e a outra forma funciona através da utilização dos dois tipos de *kanbans*. No primeiro caso são usados os *kanbans* de produção e no segundo caso são utilizados além dos *kanbans* de produção também os *kanbans* de transporte.

Como outros sistemas, o *kanban* foi criado para preencher necessidades específicas de uma empresa (neste caso a Toyota). Como todas as empresas não têm o mesmo funcionamento da Toyota, verificaram-se algumas limitações do sistema. Quando por exemplo existem encomendas instáveis, tempo de processamento instável, operações não estandardizadas, tempo de processamento longo, grande variedade de componentes e o abastecimento de matérias-primas incerto (Junior & Filho, 2010).

Neste sentido, as diferentes empresas que foram aplicando o sistema *kanban* introduziram algumas alterações ao mesmo. Com o objetivo de analisar as diferentes alterações no sistema *kanban*, Junior & Filho, (2010) levaram a cabo um estudo baseado em seis categorias:

- As características originais do sistema *kanban* eram mantidas na adaptação;
- As diferenças operacionais em relação ao sistema original de *kanban*;

- As vantagens do sistema original de *kanban*;
- As desvantagens do sistema original de *kanban*;
- As formas como foram testadas as adaptações;
- As publicações do ano.

Junior & Filho, (2010) concluíram com o seu estudo que as mudanças no sistema normal de *kanban* eram feitas maioritariamente ao nível dos sinais de *kanban*, o que significa manipular o número e a quantidade de sinais.

Outro estudo foi feito por Tardif & Maaseidvaag, (2001) em que se verificou que o número de cartões de *kanban* pode variar de época para época. Ou seja, numa época que haja um grande número de encomendas são utilizados mais cartões, mas se na época seguinte o número de encomendas for menor, a quantidade de cartões *kanban* também diminui. Em outras empresas em vez de aumentarem ou diminuírem o número de *kanbans* de época em época, acrescentam ou retiram cartões quando é ou não necessário. Isto tudo sempre com uma limitação no número de *kanbans* dentro da fábrica para restringir sempre a quantidade de componentes em movimento.

2.4 Milk Run

Quando se implementa um sistema *Kanban* numa unidade fabril ou se quer facilitar o abastecimento de matérias-primas vindas dos fornecedores, é necessário alguém que faça a recolha e distribuição das matérias-primas dentro e fora da fábrica. Além disso, é necessário definir rotas de distribuição para esta pessoa. É aqui que entra o sistema *Milk Run*, suporte das rotas da pessoa que recolhe as matérias-primas dos fornecedores para levar até à fábrica ou dos armazéns para levar às linhas de produção. Dentro de uma fábrica para se distribuir os materiais é utilizado uma espécie de comboio, chamado *Mizusumashi* que é uma palavra japonesa que significa aranha de água. Já fora da fábrica, são utilizados camiões.

Com exceção dos produtos digitais que podem ser vendidos através da internet e, por isso não necessitam de transporte físico, todos os produtos necessitam de transporte desde o fornecedor até à fábrica de produção ou cliente ou ainda no caso de ser dentro de uma fábrica, desde o armazém até às várias estações de trabalho. Para conseguir que este transporte seja o mais eficiente possível, existem vários sistemas. O transporte direto, *Milk Run*, *Crossdocking* e as redes sob medida são exemplos. Quando o transporte envolve vários locais de carga e descarga do veículo, vários componentes e várias estações de trabalho, o sistema *Milk Run* é o mais indicado, Figura 1. O sistema *Milk Run* funciona essencialmente como apoio da logística à cadeia de abastecimento, resultando na redução do custo de transporte, distância das rotas e consumo de combustível (Brar & Saini, 2011).

O conceito *Milk Run* provém da indústria dos laticínios. Esta noção abrange uma rede de transporte, onde todos os materiais de entrada e saída, requeridos por várias

estações de trabalho estão ao cargo de um veículo, que circula de acordo com um horário pré-definido. Este conceito é económico quando o volume de materiais de entrada e saída de uma única estação de trabalho é inferior ao volume de transporte do veículo. O *Milk Run* é, normalmente aplicado à logística interna de uma fábrica para transportar matérias-primas, produtos acabados e desperdícios entre estações de produção e acabamento e os armazéns da fábrica (Baudin, (2005) citado em Brar & Saini, 2011).

Nos anos cinquenta, o sistema *Mizusumashi* tinha o papel de transferir requisitos para a produção, incluindo matérias-primas, componentes e peças entre as fábricas. À medida que o sistema de produção *Toyota* evoluiu e se espalhou para outras empresas e indústrias, o sistema *Mizusumashi* expandiu-se também para assistir ao fornecimento de materiais dentro da fábrica. Hoje, as operações deste sistema tornaram-se bastante importantes na medida em que permitem que o tempo de ciclo dos produtos se torne muito mais curto. Estas vantagens são reconhecidas pelos executivos das empresas, segundo os quais um grande número de materiais desnecessários pode ser prejudicial (Nomura & Takakuwa, 2006).

Como atualmente o mercado é mais competitivo, uma cadeia de abastecimento muito eficiente e de baixo custo, pode ser uma vantagem fundamental numa empresa. No caso de uma linha produtiva, um abastecimento mais eficiente, vai influenciar diretamente toda a linha no sentido de a tornar mais regular. Ou seja, não vai acontecer a falta de materiais e atrasos que, caso existissem, poderiam causar uma paragem na linha. Melhorando estes aspetos, a organização vai conseguir diminuir os custos de produção, o que resultará no aumento dos ganhos gerais. Além disso utilizando este sistema, o abastecimento vai-se tornar mais flexível do que um sistema autónomo.

Brar & Saini, (2011) afirmam que para conseguir ter um sistema de aprovisionamento eficaz, a organização precisa de ter preparado três conceitos de logística:

- O primeiro conceito é a logística flexível e, lida com a oscilação da procura;
- O segundo conceito é a logística com uma vertente competitiva para minimizar os tempos de entrega e baixar os seus custos. Isto é feito através da localização dos fornecedores ou estações de trabalho e preparação do *Milk Run*. Cumprindo este requisito, é certo que se consegue atingir o objetivo proposto;
- Por último, o terceiro conceito tem como função minimizar os impactos ambientais. Baixando a quantidade de CO_2 proveniente do transporte dos componentes ou dos produtos consegue-se minimizar o referido impacto ambiental.

Estes três conceitos podem ser atingidos com a ajuda do *Milk Run* que atualmente é um dos sistemas mais usados na área do JIT e portanto na área do *Lean*.

Brar & Saini, (2011) afirmam que, de uma forma geral existem cinco razões para que este sistema seja muito usado, a saber:

- Redução dos custos de transporte devido ao transporte estável, mesmo sendo de pequenos lotes;

- Melhoria da linha de produção da fábrica e melhor exatidão na entrega de componentes em JIT;
- Melhoria da taxa de carregamento do veículo utilizado e diminuição da distância total percorrida;
- Redução do risco de problemas de qualidade dos produtos com o transporte;
- Alteração das estratégias logísticas usando terceiros para reduzir inventário em processamento e aumentar fluxos de capital, reduzindo assim o risco de investimento.

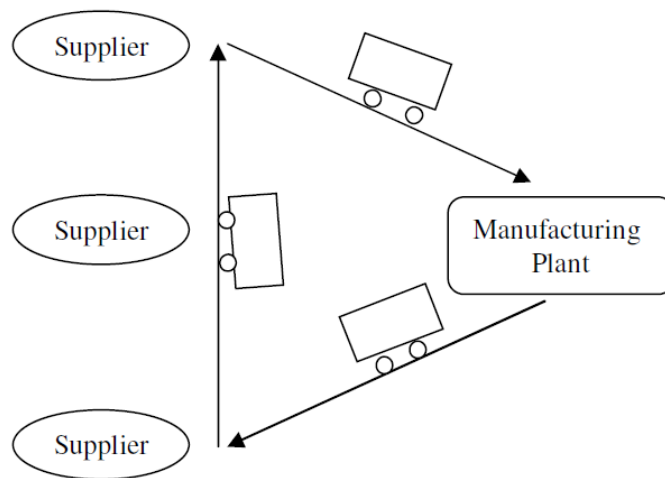


Figura 1: Ilustração do sistema *Milk Run* - citado de Singh & Saini, (2011)

2.4.1 Tipos de Sistemas *Milk Run*

Du & Wang & Lu, (2007) referem que o *Milk Run* é um sistema que pode fazer a ligação entre fornecedores, entre clientes ou entre ambos. Isto acontece quando o veículo que faz o trajeto não fica completamente preenchido num só local e por isso para reduzir custos de transporte passa por mais fornecedores ou clientes antes de voltar a empresa ou destino final.

Por outro lado, Nomura & Takakuwa, (2006) afirmam que o sistema pode ser manual ou autónomo. No caso de ser manual, estão-se a referir ao sistema de *Mizusumashi* em que o abastecimento é feito através de uma pessoa com ou sem ajuda de uma máquina de abastecimento. Sendo autónomo, o sistema funciona através de tapetes rolantes ou veículos guiados. O sistema manual é muito útil quando estamos perante uma empresa que muda frequentemente o *layout* fabril ou o tipo de produtos pois é um sistema muito flexível. Numa empresa em que se verifique o contrário, um sistema autónomo é o mais indicado pois não são necessárias mudanças constantes de *layout* que neste caso são caras de se efetuarem.

Num sistema *Mizusumashi* manual, existem dois métodos de aprovisionamento. Num, o fornecimento dos componentes é feito periodicamente, isto é, primeiro o *Mizusumashi* passa nas linhas para ver a quantidade de componentes a ser utilizada para depois saber o que trazer e em que quantidades. No sistema autónomo, a parte de verificação e fornecimento de componentes é feita ao mesmo tempo (Nomura & Takakuwa, 2006).

Nas próximas duas Figuras, Fig. 2 e Fig. 3, podemos ver como funciona o reposicionamento de *stock* num sistema *Mizusumashi*.

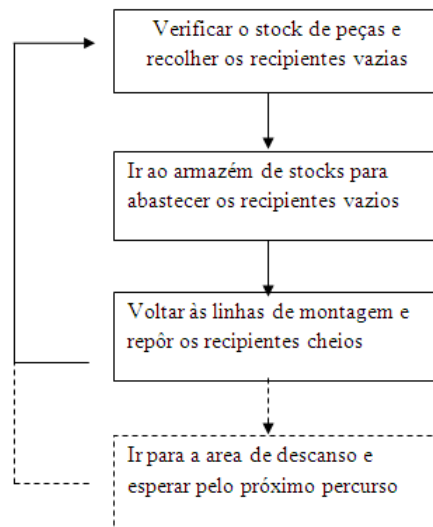


Figura 2: Fases do sistema *Milk Run* - traduzido de Nomura & Takakywa, (2006)

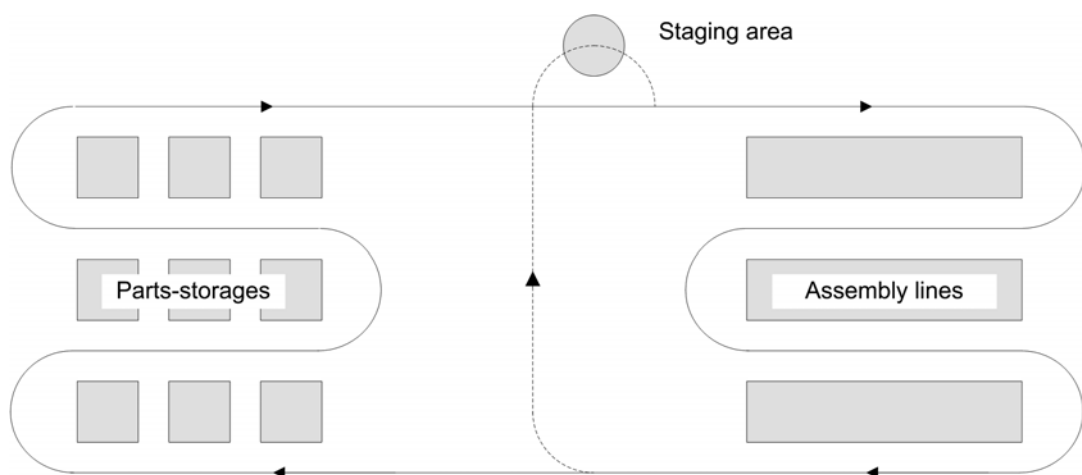


Figura 3: Exemplo de um trajeto *Milk Run* - citado de Nomura & Takakuwa, (2006)

A Fig. 2 mostra as etapas de um sistema *Mizusumashi*. Primeiro o operador passa pelas linhas de montagem para verificar que peças ou componentes estão em falta e, dado que as peças e componentes estão colocados dentro de contentores, traz consigo os contentores vazios. Seguidamente, o operador vai diretamente para o armazém onde os contentores recolhidos nas linhas de montagem são enchidos pelo mesmo tipo e quantidade de peças ou componentes. Finalmente, o operador volta às linhas de montagem para repor os contentores na ordem exata de recolha. Após esta etapa, o sistema *Mizusumashi* termina com a ida do operador para a área de paragem onde fica em espera até à próxima ronda.

Para perceber melhor estas etapas, a Fig. 3 ilustra um percurso virtual de um *Mizusumashi* ao longo de uma unidade fabril.

Por fim, uma das partes mais importantes num sistema *Mizusumashi* é a quantidade de contentores em cada área da linha de montagem. Nomura & Takakuwa, (2006) argumentam que caso não haja contentores com peças suficientes na linha de montagem, a linha irá parar devido à falta de peças com frequência. Por outro lado, mantendo demasiados contentores de peças na linha de montagem, vai originar um excesso de contentores desnecessários na linha de montagem.

2.5 Balanceamento das Linhas de Acabamento

Devido ao mercado cada vez mais competitivo, a produção e a variedade de todos os tipos de produtos aumentou exponencialmente. Com isto, as linhas de montagem e de acabamento das fábricas terão de ser cada vez mais flexíveis e com tempos de produção cada vez menores. Para conseguirem atingir estes objetivos, as empresas necessitam de ter as linhas de montagem e de acabamento balanceadas.

O problema do balanceamento de uma linha de produção é um problema de atribuição de tarefas básicas de montagem a diferentes postos de trabalho, perseguindo metas específicas tendo em conta certas restrições. Desde a criação das linhas de montagem por Henry Ford, o problema do balanceamento dessas linhas tem tido uma importância significativa a nível industrial. Devido a um custo elevado de construção e manutenção de uma linha de montagem, os produtores, normalmente produzem um modelo com diferentes características ou simultaneamente vários modelos numa mesma linha (Xu & Xiao, 2011).

Boysen et. al, (2007) referem que uma linha de montagem é um sistema de produção com um fluxo orientado, onde as unidades produzidas passam por operações em postos de trabalho que estão alinhados de uma certa forma. Os diferentes componentes visitarão os postos de trabalhos consecutivamente ao mesmo tempo que serão movidos por uma espécie de sistema de transporte, isto é, através de um tapete rolante. Originalmente, este sistema foi criado e desenvolvido para tornar mais eficiente e barata a produção de grandes quantidades de produtos numa mesma linha de produtiva. Com o passar dos anos, devido ao mercado ter-se tornado mais competitivo e o ciclo de vida dos produtos ter

diminuído, as empresas necessitaram de se tornarem mais flexíveis em termos de produção. Para alcançarem esses níveis de produção adaptaram o modelo original aos tempos atuais.

Devido ao alto nível de automação, os sistemas de montagem estão sempre associados a grandes investimentos. Por esse motivo, a configuração e reconfiguração das linhas de montagem é crítica na implementação de um sistema de produção eficiente. O planeamento e configuração da linha, normalmente envolve todas as tarefas e decisões relativas ao equipamento e alinhamento das unidades produtivas antes da montagem começar. Isto inclui o estabelecimento da capacidade do sistema (tempo de ciclo, número de postos, equipamento dos postos), assim como a atribuição do conteúdo de trabalho nas unidades produtivas (atribuição de tarefas, sequência das operações) (Boysen et. al, 2007).

Outra definição de Boysen et. al (2007) é que uma linha de montagem consiste no conjunto de postos de trabalho dispostos ao longo de um tapete rolante ou um dispositivo de manuseamento similar. Os componentes são lançados consecutivamente pela linha passando de posto em posto de trabalho até chegarem ao final da linha. Um certo número de operações são efetuadas repetitivamente em cada componente que entre no posto de trabalho e o tempo de intervalo entre duas entradas no posto é denominado tempo de ciclo. De uma forma geral, o problema do balanceamento de uma linha, consiste na otimização da divisão do trabalho de montagem entre todos os postos de trabalho respeitando algumas restrições. Neste sentido, o trabalho total necessário para produzir o produto em questão, é dividido num conjunto de várias operações chamadas de tarefas. As tarefas não são divisíveis e a cada tarefa está associado um tempo de processamento chamado de tempo de tarefa. Devido a exigências tecnológicas e organizacionais, as tarefas não podem ser realizadas numa sequência arbitrária e estarão sujeitas a restrições de precedência.

Um gráfico de precedências consiste em nodos que representam as tarefas do processo produtivo. Estas estão ligadas por setas que representam as precedências existentes. Além disso, estes gráficos podem dar informações importantes como o tempo de tarefa e alternativas de processamento.

A Fig. 4 mostra um exemplo de um gráfico de precedências entre tarefas.

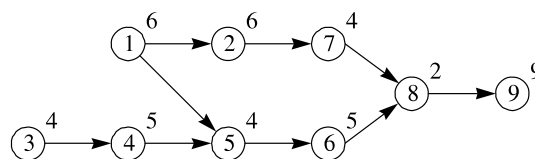


Figura 4: Gráfico de Precedências entre Tarefas - citado de Boysen et. al (2007)

Qualquer tipo de balanceamento de linhas de montagem consiste em encontrar uma forma exequível de equilibrar a linha. Ou seja, atribuir cada tarefa a um posto de trabalho respeitando, sempre, entre outras, as restrições de precedência. O conjunto de tarefas atribuídas a um posto de trabalho, constitui a carga de trabalho do posto e o somatório desse tempo é chamado o tempo de posto (Boysen et. al, 2008).

O objetivo do balanceamento das linhas de montagem é minimizar o tempo inútil total da linha, que é o somatório das diferenças do tempo de ciclo e as cargas de trabalho individuais. Esta meta pode ser atingida minimizando o número de postos de trabalho necessários ou o tempo de ciclo, enquanto se considerar como parâmetros fixos ou variáveis restringidas, outros elementos (Bautista & Pereira, 2011).

2.5.1 Tipos de Balanceamento

Existem várias formas de balancear uma linha de produção. Dependendo do número e da variedade de produtos, diferentes modelos de balanceamento são usados. Dito isto, se apenas um tipo de produto é feito, todos os componentes são idênticos. Neste caso utiliza-se um *single-model-line*. Quando isto não se verifica, e existem componentes diferentes para vários tipos de produtos, estamos perante duas possibilidades. Quando os produtos diferentes vêm misturados ao longo da linha, utiliza-se um *mixed-model-line*. No outro caso, os produtos são diferentes mas vêm em contentores separados, ou seja, dentro de cada contentor apenas se encontram produtos iguais. Na linha de montagem, utilizam-se ao mesmo tempo diferentes tipos de contentores e portanto diferentes tipos de componentes. Aqui, o modelo utilizado denomina-se de *multi-model-line*. A Fig. 5 representa os diferentes modelos.

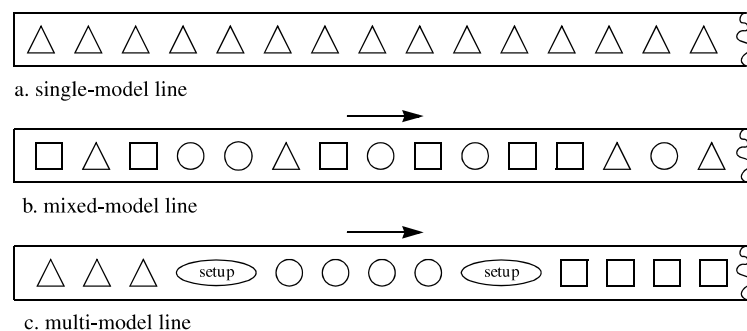


Figura 5: Três Modelos de Balanceamento - citado de Becker & Scholl, (2006)

Explicando agora melhor cada modelo de balanceamento de linhas e começando pelo *simple-model-line*, este modelo foi criado para um grande volume de produção de um tipo de produto. Hoje em dia, como os produtos sem nenhuma variação raramente conseguem atrair clientes suficientes para permitir a utilização de uma linha de produção rentável, as empresas têm de produzir mais do que um tipo de produtos. Na eventualidade de mais do que produto ser montado numa mesma linha e tanto a construção como as

variações no tempo de funcionamento dos mesmos não são significativas, então um *simple-model-line* pode também ser usado (Boysen et. al, 2008).

Num *mixed-model-line*, os tempos de *setup* dos produtos podem ser tão reduzidos que podem ser ignorados e, com isto, consegue-se montar vários produtos diferentes numa mesma linha de produção. Os produtos podem diferir em tamanho, cor, materiais usados ou equipamentos utilizados (Becker & Scholl, 2006). Caso haja um grande fluxo de produtos ao mesmo tempo num posto de trabalho, o tempo de ciclo poderá exceder o normal e, com isto haver uma sobrecarga. Nesta situação, é necessário compensar de alguma maneira, quer seja através da paragem da linha ou ainda de uma maior velocidade de produção (Wild, 1972 citado em Boysen et. al, 2008). Estas sobrecargas podem ser evitadas encontrando uma sequência para os componentes, em que os produtos com maior tempo de processamento sejam intercalados com os de menor tempo (Boysen et. al, 2008). Para isso, a linha terá de ser bastante flexível respeitando sempre o equipamento usado, as qualificações dos operadores e as variações do tempo de ciclo (Becker & Scholl, 2006).

Quando se tem vários tipos de produtos numa linha de produção, o balanceamento das linhas está muito ligado ao sequenciamento das mesmas (Kim et. al, 1996). Enquanto o balanceamento distribui as tarefas pelos diferentes postos de trabalho, assim como o que deve ser feito em cada posto, o sequenciamento faz com que não haja sobrecargas em algum posto de trabalho.

Por último, num *multi-model-line*, a homogeneidade dos produtos montados e os seus processos de produção não são suficientes para se realizar uma produção sequenciada. De maneira a evitar tempos de *setup* e custos, a montagem dos mesmos é feita através do uso de contentores organizados. Isto leva a um pequeno problema de dimensionamento do lote, da distribuição dos modelos pelos mesmos e da decisão da sequência de montagem (Boysen et. al, 2008). Quando os lotes são grandes, quase se pode assumir que se trata de um *single-model-line* e fazer o balanceamento para cada modelo. Contudo, muitas vezes não é isso que acontece e há que ter em atenção os recursos (trabalhadores e máquinas) que cada tipo de produto utiliza. Ou seja, quando se está a dividir os diferentes tipos de produtos em lotes para uma mesma linha de produção, não se pode esquecer que estes produtos deverão utilizar os mesmos recursos para a linha estar especialmente preparada. Caso não utilizem, terá de se movimentar tanto máquinas como trabalhadores entre linhas de produção o que causará um desperdício de tempo e um aumento dos custos.

A figura seguinte, Fig. 6 mostra de forma mais detalhada em que se inserem os três modelos acima descritos.

number of models	single model	mixed model	multi model
line control	paced	unpaced asynchronous	unpaced synchronous
frequency	first-time installation		reconfiguration
level of automation	manual lines		automated lines
line of business	automobile production		further examples

Figura 6: Utilização dos Três Modelos de Balanceamento - citado de Boysen et. al, (2008)

2.5.2 Considerações no Balanceamento das Linhas

Acontece, por vezes, balancear uma linha produtiva pela primeira vez, na qual os recursos ainda não foram comprados e os postos de trabalho podem ser olhados como entidades abstratas destinadas a um determinado número de tarefas de montagem. Adicionalmente, apenas o produto desejado, com todos os seus atributos e variantes está determinado. Nesta altura, muitas vezes o processo produtivo exato ainda não está fixo ou devidamente fundamentado (Boysen et. al, 2008). Existem duas formas de proceder nesta situação. A abordagem clássica é escolher e fixar todas as tarefas e os seus respetivos modos de processamento antes da decisão de balanceamento para formar um gráfico de precedências antes do problema de balanceamento da linha estar resolvido. A segunda abordagem é escolher as alternativas de processamento ao mesmo tempo da decisão de balanceamento (Boysen et. al, 2008).

Após o primeiro balanceamento ser feito, quando há uma mudança substancial na estrutura da produção, é necessário proceder a uma reconfiguração da linha. A maioria dos problemas reais de balanceamento de linhas resulta de reconfigurações, em vez de problemas do primeiro balanceamento (Falkenauer, 2005 citado em Boysen et. al, 2008). Neste caso, os postos de trabalho já não são vistos como entidades abstratas mas sim como entidades com determinados recursos atribuídos, como por exemplo máquinas. O que se tenta fazer numa reconfiguração, é distribuir ainda mais as tarefas pelos postos de trabalho de maneira a diminuir o tempo de ciclo e aumentar a qualidade e nível de produção.

Muitos estudos do balanceamento de linhas tentaram resolver o problema de atribuir as tarefas aos postos de trabalho de maneira a satisfazer todas as precedências. Estes estudos começaram por minimizar o tempo inútil dando um tempo de ciclo desejado ou por minimizar o tempo de ciclo de um número fixo de postos de trabalho (Song et. al, 2006).

O que raramente era considerado eram os fatores condicionantes dos trabalhadores. Numa situação real, uma linha de montagem, pode estar otimizada em termos de sequências de tarefas ou ter um tempo de desperdício mínimo, que pode acontecer de não estar na mesma balanceada. Esta possibilidade é devido à diferente eficiência dos trabalhadores. Entende-se por eficiência as emoções dos trabalhadores, motivação, saúde, perícia e experiência de fazer uma determinada tarefa (Kannan & Jensen, 2004 citados em Song et. al, 2006).

Baseado no facto de a variação da eficiência de um operário levar a uma linha de produção não estar balanceada, estamos perante uma fábrica que depende das competências dos operários. Neste caso o problema de balanceamento de uma linha de montagem tem de ter mais em consideração a variação da eficiência dos operários. A correta localização dos operários nas diferentes tarefas de maneira a que cada uma tenha a mesma eficiência é vital para que a linha esteja balanceada (Song et. al, 2006).

Para conseguir isso, Song et. al, (2006) definem três objetivos:

- Uma divergência normal representa a variação da eficiência entre os operários. Quanto menor for essa divergência, mais balanceada está a linha de produção;
- Maximizar a eficiência da operação de estrangulamento para atingir a máxima eficácia na linha;
- A eficiência de uma operação é o somatório de todas as eficiências dos operários nessa operação. Hoje em dia, o custo do trabalho ocupa uma grande posição no custo total de uma empresa. Quanto menor for a eficiência desperdiçada por um operário, maior será o custo de trabalho salvo. Resumindo, o terceiro objetivo é minimizar a eficiência total desperdiçada pelos operários.

No estudo de balanceamento de uma linha de produção, há que ter também em consideração o *layout* da linha. O *layout* da linha define as regras para o processamento das tarefas nos postos de trabalho (Battaia & Dolgui, 2012).

Existem várias possibilidades de *layout* para uma linha de montagem. Battaia & Dolgui, (2012) enumeram algumas:

- Linha básica reta: Cada componente visita vários postos de trabalho seguindo uma ordem;
- Linha reta com múltiplos postos de trabalho: *Layout* similar ao primeiro apresentado. Contudo, em vez de num posto de trabalho apenas ser feito uma tarefa, são feitas mais, ou seja, cada posto de trabalho está dividido em mais e assim é possível realizar várias tarefas simultaneamente;
- Linhas em forma de “U”: *Layout* com as linhas em forma de “U”, ficando o início e o fim da linha no mesmo local. Com isto, os trabalhadores encontram-se no meio da linha podendo efetuar mais do que uma tarefa na mesma;
- Linhas com uma transferência circular: Postos de trabalhos distribuídos à volta de uma mesa redonda. Rodando, a mesa transportará os componentes

de posto em posto de trabalho. É um caso que pode ser similar ao primeiro e segundo *layouts* apresentados dependendo de em cada posto ser feita uma ou mais tarefas.

Há ainda o caso de se ter de efetuar operações dos dois lados do produto devido ao seu tamanho e peso. Neste caso, Becker & Scholl, (2006) afirmam que se deve utilizar um *layout* de linha com dois lados.

2.6 *Layout* Fabril

Os problemas referentes ao *layout* fabril são uma constante entre as empresas de produção. Normalmente, estes problemas estão relacionados com a disposição das várias máquinas ou departamentos pela unidade fabril e têm um grande impacto no funcionamento do sistema.

Com o aumento e diversidade de produção ao longo dos últimos anos, para que as unidades fabris consigam ser o mais competitivas possível é essencial um bom *layout* fabril. Um *layout* fabril bem planeado e desenhado permite obter um bom fluxo de produção nas linhas, minimizando o tempo de ciclo e aumentando a produção interna.

Um sistema de produção consiste em postos de trabalho ou departamentos além de equipamentos (pessoas, materiais e maquinaria) que devem arquitetar um sistema bem ordenado de forma a maximizar os benefícios. O *layout* fabril consiste na disposição mais eficiente de todos elementos (González-Cruz, M. & Martínez, E. 2011).

O posicionamento das instalações fabris numa área da planta, normalmente referido como o “problema do *layout* fabril”, é conhecido por ter grande impacto nos custos de produção, trabalho em processamento, tempos de ciclo e produtividade. Um bom posicionamento das instalações fabris contribui para a eficiência global das operações e pode reduzir até cinquenta por cento dos gastos com as operações (Tompkins et al., 1996 citado em Drira, A. & Pierreval, H. & Hajri-Gabouj, S. 2007).

Koopmans & Beckmann, (1957) citados em Drira, A. & Pierreval, H. & Hajri-Gabouj, S. (2007) foram dos primeiros a focar a sua atenção nestes aspetos. Estes autores, definem o problema do *layout* fabril como um problema industrial comum em que o objetivo é configurar as instalações de forma a minimizar o custo de transporte de materiais entre elas.

Outra definição é o *layout* fabril consistir em arrumar um determinado número de instalações de diferentes tamanhos numa área fabril que pode ser limitada consoante o comprimento e largura de maneira a reduzir o custo total de manuseamento de material e a falta de espaço (Lee & Lee 2002 citados em Drira, A. & Pierreval, H. & Hajri-Gabouj, S. 2007).

Por fim, Shayan & Chittilappilly (2004) citados em Drira, A. & Pierreval, H. & Hajri-Gabouj, S. 2007) definem o problema do *layout* fabril como um problema de otimização que procura tornar os *layouts* mais eficientes tendo em conta várias interações entre as instalações e sistemas de manuseamento de materiais enquanto se desenha o *layout*.

Segundo Yang, T. & Hung, C. (2007), existem três atributos que se devem ter em conta na realização de um *layout*. São estes a flexibilidade, a acessibilidade e a manutenção. A flexibilidade envolve dois aspetos que são a capacidade de realizar uma variedade de tarefas com uma variedade de condições de funcionamento e a flexibilidade de uma possível expansão futura. Acessibilidade envolve o manuseamento de material e os

caminhos dos operadores, já a manutenção tem em conta o espaço necessário para a manutenção dos equipamentos por parte dos engenheiros e movimento de ferramentas.

Liang, L. & Chao, W. (2008) afirmam que para planejar um *layout* fabril é necessário ter em conta fatores como a adjacência das instalações, distância entre as mesmas, recursos utilizados e a localização destes. Não respeitando isto, o *layout* fabril pode resultar num maior tempo de processamento e custos.

De uma forma geral, o *layout* fabril percorre uma espécie de caminho que começa com o seu desenho, crescimento, maturidade e obsolescência. Em cada uma das fases, decisões terão de ser tomadas tendo em conta o planeamento de produção, calendário entre outras.

2.6.1 Fatores Condicionantes na Realização de um *Layout*

Existem muitos fatores que condicionam o *design* e implementação de um novo *layout* fabril. De acordo com o tipo de fatores condicionantes, diferentes abordagens à realização do *layout* serão efetuadas. Dito isto, Drira, A. & Pierreval, H. & Hajri-Gabouj, S. (2007) apresentam alguns exemplos de fatores que são, a seguir, enumerados:

- Variedade e volume de produtos;
- Formas e dimensões da fábrica;
- Sistema de manuseamento de materiais;
- Fábrica com vários andares;
- Locais de abastecimento e recolha de materiais.

Quando falamos de variedade e volume de produtos, estamos a falar de quatro formas possíveis de *layouts* que são o *layout* de produto fixo, *layout* de processo, *layout* de produto e *layout* por células. No *layout* de produto fixo, são os recursos que se movimentam dentro da unidade fabril e não os produtos. É um tipo de *layout* normalmente usado para a produção de navios ou aviões que devido às suas dimensões não se podem movimentar de posto para posto de trabalho. Quanto ao *layout* de processo, é usado quando existe uma grande variedade de produtos e não se podem formar linhas produtivas iguais; dispõem-se as instalações em grupos com funções similares para facilitar a produção. Já o *layout* de produto é utilizado no sentido oposto ao de processo. É utilizado quando há um grande volume de produção de um mesmo tipo de produto e a variedade é quase nula. Aqui, as instalações são organizadas de acordo com a sequência de montagem dos produtos, para diminuir ao máximo o tempo de ciclo e aumentar a produtividade. Por último, no *layout* por células, como o nome indica, as máquinas estão organizadas por células para produzir componentes similares (Drira, A. & Pierreval, H. & Hajri-Gabouj, S. 2007).

Existem duas condicionantes em relação às formas e dimensões da fábrica. Uma é quando a fábrica tem formas regulares, ou seja, um comprimento e largura definidos. Outra é quando as formas da fábrica são irregulares. No primeiro caso a disposição das máquinas torna-se muito mais fácil do que na segunda (Drira, A. & Pierreval, H. & Hajri-Gabouj, S. 2007).

Os sistemas de manuseamento de materiais são os responsáveis pela entrega do material necessário às diferentes localizações dentro da fábrica, que pode ser feita através de tapetes rolantes ou como já foi explicado anteriormente, através de um sistema *Milk Run*. Segundo Tompkins et al. (1996) citados em Drira, A. & Pierreval, H. & Hajri-Gabouj,

S. (2007) o manuseamento de materiais diz respeito a vinte a cinquenta por cento dos custos de produção e, dada tamanha importância, uma boa disposição dos equipamentos de manuseamento, reduz este custo em dez a trinta por cento. Logo, a realização de um bom *layout* destes equipamentos adquire uma enorme importância. Primeiro é necessário saber que tipos de materiais vão ser utilizados para depois escolher a melhor disposição das máquinas. Após este processo, diferentes formas de *layout* podem ser utilizadas. Exemplos são o *layout* de uma fila, o *layout* de várias filas e o *layout* em forma de “U” que já foram referidos na secção de balanceamento das linhas de montagem.

É cada vez mais usual as fábricas terem vários pisos dado que a falta de espaço horizontal é cada vez mais uma realidade presente. Ou seja, muitas vezes as fábricas crescem mas como não têm possibilidades de aumentar as instalações para os lados por não haver espaço, necessitam de aumentar para cima, isto é, aumentar o número de pisos. A condicionante neste caso, é a necessidade das instalações do piso superior terem uma ligação com as do piso de baixo através do uso de um elevador ou semelhante além de respeitarem o sequenciamento proveniente do piso inferior/superior.

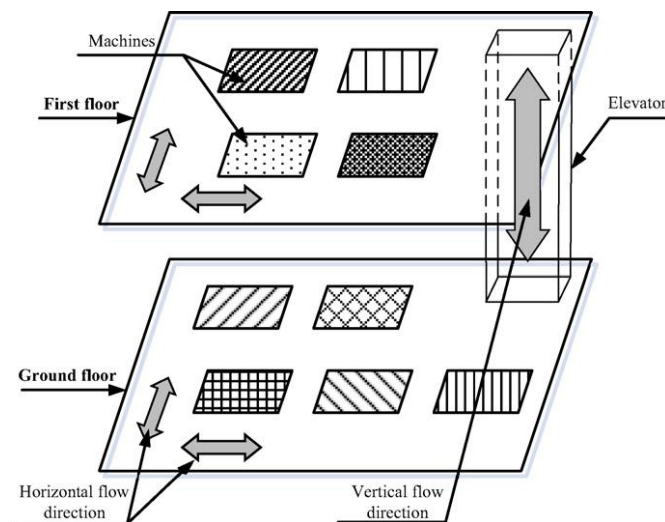


Figura 7: Esquema de uma unidade fabril com dois andares - citado de Drira, A & Pierreval, H. & Hajri-Gabouj, S. (2007)

Por último, os locais de abastecimento e recolha de materiais são uma condicionante na realização de um *layout*, pois terão de estar estrategicamente colocados na fábrica de forma a que os operadores das máquinas não tenham muitas deslocações durante o período de trabalho e não se verifique a acumulação de *stock* junto dos postos de trabalho.

2.6.2 Avaliação de um *Layout*

Existem muitas formas de elaborar um *layout* fabril. Mas como é que se sabe se um *layout* é eficiente ou não? Raman, D. & Nagalingam, S. & Lin, G. (2009)

desenvolveram um modelo de avaliação de *layouts* através da análise de três fatores que são a flexibilidade do *layout*, a utilização da área produtiva e a proximidade. Estes fatores foram escolhidos tendo em vista os objetivos de um *layout* que são:

- Minimizar o custo de manuseamento de materiais;
- Aumentar a flexibilidade da disposição dos equipamentos e das operações;
- Utilizar a área disponível da forma mais eficiente possível;
- Minimizar o tempo total de produção.

O fator proximidade considera a minimização do custo de manuseamento de materiais e o tempo total de produção através da aproximação das instalações ou departamentos que mais interagem entre si. Os objetivos que dizem respeito a este fator são o de minimizar o custo de manuseamento de materiais e o tempo total de produção. O fator flexibilidade do *layout* diz respeito ao aumento da flexibilidade da disposição e das operações, ou seja, ao objetivo equivalente. Aumentar a eficiência da área utilizada é considerada no desenvolvimento do fator utilização da área produtiva que está expresso no objetivo que refere a utilização da área disponível o mais eficiente possível Raman, D. & Nagalingam, S. & Lin, G. (2009).

A flexibilidade é um dos parâmetros mais importantes na eficiência de um *layout* fabril nos tempos atuais, uma vez que o mercado atual é muito inconstante. Existe cada vez mais uma grande variedade de produtos com um tempo de vida cada vez mais curto devido à concorrência entre empresas. A flexibilidade de um *layout* é a “habilidade” (de uma forma eficiente) resistir às várias mudanças incessantes por parte dos clientes e às alterações internas da empresa (Webster, B. & Tyberghein, B. (1980), Yang, T. & Peters A. (1998) citados em Raman, D. & Nagalingam, S. & Lin, G. (2009). Resumindo, pode-se considerar que a flexibilidade de um *layout* é a forma como a disposição das instalações e departamentos de uma fábrica pode mudar o mais facilmente possível sem comprometer a produção e sem ter custos muito elevados.

A utilização da área produtiva diz respeito à melhor distribuição das máquinas tendo em conta as várias atividades que são a produção e administração. A produção está localizada na parte fabril (área produtiva) e diz respeito à maquinaria, armazém entre outros. Lin, C. & Sharp, P. (1999) citados em Raman, D. & Nagalingam, S. & Lin, G. (2009), utilizam duas medidas para calcular a área utilizada. Uma é o rácio entre a área livre disponível e a área total disponível. A outra é a distribuição da área livre pela área produtiva. No entanto, estas duas medidas podem levar a uma conclusão errada pois quanto maior for área ocupada, maior será a área utilizada. Para não se chegar a esta conclusão, Raman, D. & Nagalingam, S. & Lin, G. (2009) criaram o fator de medida denominado por utilização da área produtiva. Neste fator, os autores utilizam um método equivalente ao de *lean* que é a identificação de atividades que geram valor e as que não geram, eliminando posteriormente as que não geram valor. Um problema nesta medição é a existência de atividades que ao mesmo tempo geram e não geram valor como é o caso do transporte de materiais. Neste caso, dado que esta é uma atividade essencial para o bom funcionamento da unidade fabril, utiliza-se o método *analytic hierarchy process* (AHP) (Ishizaka & Labib, 2011) que é um método baseado na matemática e psicologia para ajudar a tomada de decisões mais difíceis através da análise de alternativas e atributos. Sendo assim, é possível obter um *layout* com uma melhor utilização da área produtiva respeitando apenas a área utilizada.

O último fator do modelo de avaliação de *layouts* de Raman, D. & Nagalingam, S. & Lin, G. (2009) é a proximidade. Este fator tem como base a ideia de Yaman et al. (1993) citado em Raman, D. & Nagalingam, S. & Lin, G. (2009) que afirmam que um *layout*

eficiente é um *layout* com a distância mínima de transporte entre processos. Assim sendo, este fator procura encontrar as instalações ou departamentos que têm uma grande interação entre si e coloca-os o mais próximo possível. Fazendo isto, consegue-se uma redução significativa do custo total de manuseamento de materiais e do tempo de processamento, que são dois dos principais objetivos de um *layout* eficiente.

Resumindo, uma avaliação do *layout* assim como todas as condicionantes na realização do mesmo são muito importantes para obter a máxima eficiência produtiva e baixos custos numa possível mudança no futuro.

2.7 Conclusão

Neste capítulo foi fundamentado cientificamente o caso de estudo descrito no capítulo seguinte. Em primeiro lugar é descrito o *lean manufacturing* que é a base de todo o projeto. Seguidamente começou-se a aprofundar mais e é descrito o sistema *pull* o sistema *kanban*, *milk run* e por fim o balanceamento das linhas. Olhando para o capítulo anterior consegue-se preceber que a base do projeto é no *lean* mas que para cada área diferente é utilizado um sistema mais específico para se conseguir otimizar da melhor forma possível as mesmas áreas. No fim do capítulo é fundamentado o segundo caso de estudo que é a forma como um *layout* fabril é realizado.

3 Descrição do Caso de Estudo

No capítulo seguinte, será descrita de forma exaustiva os dois casos de estudos do projeto. É feita, primeiro uma apresentação da empresa onde foi executado o projeto seguindo-se de uma explicação do processo produtivo do calçado. Após estas introduções é em primeiro lugar apresentado o primeiro caso de estudo onde se fala da otimização do abastecimento às linhas de acabamento e montagem, da implementação de um sistema de *Milk Run* e por fim do balanceamento das linhas. Seguidamente é apresentado o segundo caso de estudo onde se descreve a forma como o *layout* de um dos pavilhões da fábrica foi realizado. Em ambos os casos, neste capítulo são descritos todos os problemas encontrados e a forma como foram ultrapassados.

3.1 Apresentação da Ecco'let (Portugal)

A Ecco é uma empresa de calçado dinamarquesa, uma das maiores no mundo neste setor. Líder em termos do calçado com sola injetada, a Ecco conta com mais de dezassete mil funcionários de mais de cinquenta nacionalidades espalhadas pelas cinco fábricas no mundo, sendo uma verdadeira multinacional com uma fusão de nacionalidades, culturas, línguas e origens. Só a sede dinamarquesa da Ecco acolhe pessoas de mais de vinte nações. A força da Ecco provém da diversidade, ou seja, a diversidade existente nas pessoas que fazem parte da Ecco leva a uma compreensão mais profunda dos países e das culturas onde a Ecco exerce atividade.

A Ecco considera a formação dos seus funcionários um aspeto primordial, neste sentido, grande parte dos funcionários da sede da Ecco, bem como muitos outros do resto do mundo, participaram nos cursos introdutórios da empresa, intitulados “Da vaca ao sapato”, nos quais todos os participantes aprendem a fabricar os seus próprios sapatos. Assim, os participantes ganham uma verdadeira visão das dificuldades que os trabalhadores têm a fazer os sapatos assim como a complexidade da tarefa. A Ecco tem sempre a preocupação de dar aos seus funcionários cursos profissionais avançados, dando assim preferência nos níveis superiores a funcionários internos através de promoções.



Figura 8: Fábrica Ecco'let (Portugal)

A Ecco'let (Portugal) – Fábrica de Sapatos, Lda. iniciou a sua actividade em Portugal no ano de mil novecentos e oitenta e quatro e, durante mais de vinte anos, foi uma

importante unidade de produção do Grupo Ecco. Em dois mil e um empregava cerca de mil e cem colaboradores.

No princípio dos anos noventa, e no âmbito da divisão de trabalho dentro do Grupo Ecco, a Ecco Portugal concentrou a sua actividade na produção de sapatos e peles, a que se juntou também outro negócio, ainda pequeno mas em franco desenvolvimento: a comercialização de sapatos Ecco no país, através de Ecco *Shops* (próprias ou franchisadas) ou da criação de Ecco *Points*.

Nas atividades centrais da empresa, a tónica é colocada na qualidade, conforto, e no desenvolvimento de recursos humanos. O investimento nas pessoas e em equipamento, como forma correcta de garantir o futuro, continua a ser uma das grandes apostas da Ecco Portugal.

No ano de dois mil e seis, a Ecco Portugal tornou-se num Centro de Investigação e Desenvolvimento do Grupo Ecco, mantendo também uma linha de produção.

Em dois mil e nove teve lugar mais uma reestruturação, levando a cabo o fim da produção, mantendo-se apenas o desenvolvimento de amostras e protótipos, com um total de cerca de cento e vinte colaboradores.



Figura 9: Máquina de Injecção de Poliuretano (PU)

No mês de Maio de dois mil e onze a Ecco Portugal empregava cento e sessenta e nove colaboradores. Entretanto, a vinda da produção de todas as amostras do grupo e o reforço na produção de moldes levou a um acréscimo do número de colaboradores. Em Novembro de dois mil e onze, como consequência de uma grave inundação numa das empresas do Grupo – Ecco Tailândia – foi reiniciada a produção na Ecco Portugal, com a instalação de duas máquinas de injeção, Fig. 9. Em Julho de dois mil e doze a empresa conta com quatrocentos e noventa e cinco colaboradores.

As principais atividades da Ecco Portugal abrangem:

- Desenvolvimento do calçado de Senhora, Homem, “Performance” e Criança;
- Produção de todas as amostras do Grupo de Injecção Directa da Ecco;
- Produção de encomendas de Edições Limitadas e de Produtos Especiais tais como: Golf, Montreal, Grand Hiker;
- Desenvolvimento de moldes, Fig. 10 com a cooperação do fornecedor local e da casa mãe;
- Envio directo de todas as amostras produzidas para os diversos mercados;
- Suporte técnico à R&D Holanda no desenvolvimento de pele através da realização de ensaios/testes em sapatos, em novos tipos de pele desenvolvidos;

- Produção de cerca um milhão e duzentos mil pares de sapatos em dois mil e doze.



Figura 10: Desenho e molde de um sapato Ecco

Os elementos mais preciosos da Ecco Portugal são os seus trabalhadores, e a sua capacidade de inovar e redefinir produtos, serviços e métodos de produção. Na Ecco Portugal, as ideias dos trabalhadores são uma parte fundamental na “apaixonada” procura pela perfeição.

A Ecco Portugal está numa procura contínua de melhorias no produto, design e métodos de produção. E, através desta incessante procura, a Ecco mantém a sua posição de líder mundial no sector do calçado, em termos de conforto. Tem assim como visão, missão e valores:

- Visão: Uma empresa inovadora, que contribua para fortalecer a marca Ecco como uma referência, com capacidade de surpreender e superar as expectativas dos clientes e parceiros;
- Missão: Desenvolvimento, produção e distribuição de sapatos com elevado grau de qualidade, conforto e design, objetivando exceder as expectativas dos clientes, através da concepção e fornecimento de soluções inovadoras e de uma eficaz utilização de todos os recursos;
- Valores: Herança; Inovação; Cuidado; Excelência; Paixão.

3.2 Processo Produtivo do Calçado Injetado

O processo produtivo do calçado na Ecco engloba quatro áreas diferentes: corte, costura, montagem/injeção e acabamento. O processo começa pelo corte das peles nas diferentes componentes da gáspea (parte superior do sapato). Este processo é feito com o auxílio de balancés de corte em que o cortante é colocado em cima da pele com a forma que se quer cortar e é pressionado com a força do balancé.

Posteriormente, na costura, as diferentes partes cortadas no processo anterior são cosidas formando, após as várias etapas de costura, a gáspea completa. Aqui normalmente é utilizado um tapete rolante entre as mesas de costura para transportar as diferentes partes

da gáspea. Desde a primeira mesa de costura até à última são acrescentadas as diferentes partes de gáspea. No final deste processo temos a gáspea completamente pronta para a montagem.

A terceira parte do processo produtivo é a montagem. Em primeiro lugar é feita a preparação de montagem onde as gáspeas são formadas à frente e a trás e em alguns casos também lateralmente. Após a gáspea estar formada, é cosida uma palmilha na parte inferior da gáspea denominada de *strobel* que serve para separar a sola do interior do sapato. O passo seguinte é a montagem, propriamente dita. Aqui é colocada uma forma dentro do sapato para a gáspea adquirir o formato desejado através de fornecimento de calor e vapor de água. Seguidamente é colocado um *shank*, que é um estabilizador do sapato, no *strobel* para servir de apoio do pé. Daí o sapato vai a um processo denominado de cardagem em que um *robot* faz uma espécie de linha raspada na pele. Isto é essencial para o processo seguinte, pois é esta linha que delimita a sola da gáspea e ajuda a que o poliuretano (PU) injetado na máquina se agarre.

O processo de injeção de PU consiste na injeção de PU líquido, a alta temperatura e através de uma máquina, para dentro de um molde específico que define a sola do sapato. Neste processo, a gáspea é colocada no meio do molde para o PU ficar diretamente ligado à sola. Após a injeção do PU, o sapato está pronto para ir para a seguinte fase que é o acabamento.

No acabamento, o sapato passa por várias operações. Assim como na costura, desde a primeira operação até à última o sapato é transportado através de um tapete rolante. Aqui faz-se um primeiro controlo de qualidade para verificar se o sapato vem em bom estado da área de montagem e depois são feitas várias operações desde a colocação das palmilhas, pintura de solas, brilho, polimento, escovagem, dar creme e *sprays* para pintura também da gáspea. No final de todas estas operações é novamente efectuado um novo controlo de qualidade para finalmente aprovar ou não a saída do sapato para as lojas de venda ao público.

Todas as diferentes fases são igualmente importantes no processo produtivo do calçado mas onde se destaca mais a Ecco é na parte de montagem, por ter um sistema de injeção de solas único no mundo que conferem um conforto e uma qualidade extrema ao sapato.

3.3 Breve Descrição do 1º Caso de Estudo

Como já foi dito, o grupo Ecco engloba cinco fábricas espalhadas por todo o mundo. Devido a uma grave inundação numa das fábricas do grupo (Tailândia), a produção existente nessa fábrica teve de ser transferida para a fábrica de Portugal que na altura apenas desenvolvia e produzia amostras e protótipos para o grupo. Com isto muitas alterações tiveram de ser feitas a nível de *layout* da fábrica, de gestão e de produção que levaram à entrada de pessoas e transferência de máquinas de outras fábricas para que se

começasse a produzir todo o calçado que estava em falta devido á paragem da fábrica inundada. Tudo isto aconteceu no início de dois mil e onze e a produção teve início em Novembro de dois mil e onze.

Com o início inesperado da produção na Ecco'let Portugal, vários problemas surgiram uma vez que nem a fábrica, nem as pessoas estavam preparadas para tal. Para resolver estes problemas, várias soluções provisórias foram tomadas pois não havia tempo para implementar outro tipo de soluções assim como também não havia máquinas e outros equipamentos necessários.

O projeto teve início em Setembro de dois mil e doze, dez meses após a produção ter sido novamente iniciada. Como seria de esperar existiam bastantes problemas na área produtiva. Além disso, dado que a fábrica de Portugal respondeu muito bem ao desafio e tinha produzido os pares a que se tinha proposto, a administração do grupo Ecco decidiu aumentar (a um curto prazo) a produção e introduzir novas máquinas para produção, aumentando assim significativamente tanto o número de pessoas a trabalhar como a quantidade de pares produzidos por ano. Logo, foi nessa área que se enquadra o presente projeto. A Ecco'let Portugal necessitava de alguém que analisasse exaustivamente os processos produtivos na área de produção, que analisasse todo o funcionamento e que encontrasse possíveis causas de desperdício, erros que estivessem a ser cometidos e oportunidades de melhoria.

O projeto englobou duas áreas diferentes: o abastecimento de matérias-primas tanto a zona de montagem como na zona de acabamento e o balanceamento das linhas de acabamento no sentido de aumentar a produtividade das mesmas. No abastecimento das matérias-primas estão incluídas duas áreas, são elas o percurso de reposicionamento de matérias-primas existente desde o armazém até aos vários locais de abastecimento e a organização de todas as matérias-primas, tanto nas linhas de montagem como nas linhas de acabamento. No balanceamento das linhas de acabamento, estão incluídos a medição de tempos de tarefas e distribuição das mesmas pelos diferentes operadores e postos de trabalho. Em cada uma das fases antes de ser tomada qualquer tipo de decisão, houve um grande período de observação, de como se encontravam as áreas de montagem e de acabamento, no início do estágio para perceber melhor o estado em que se encontrava a fábrica e que tipos de sistemas eram utilizados. Posteriormente consoante o estado das diversas áreas abrangidas, foram encontradas soluções e tomadas decisões, que após um período de experimentação, eram ou não aceites pelos responsáveis das diferentes áreas abrangidas. Se estas soluções fossem aceites mantinham-se; contudo caso se verificasse que não funcionavam eram sugeridas novas soluções até funcionarem.

3.4 Estado da Fábrica no Início do Estágio

Como foi dito anteriormente, no início do estágio em Setembro de 2012, a fábrica ainda se encontrava em processo de adaptação à nova realidade, ou seja a produção em

larga escala de calçado e não apenas de protótipos e amostras. Devido a este fator, nas áreas abrangidas pelo projeto ainda não se verificava o normal funcionamento de uma fábrica de produção do grupo Ecco.

Seguidamente estão descritos detalhadamente quais os tipos de problemas e oportunidades de melhoria nas diferentes áreas englobadas no projeto.

3.4.1 Percurso de Abastecimento na Fábrica

A reposição de matérias-primas é uma atividade indispensável numa unidade fabril. Uma reposição de matérias-primas bem feita, é efetuada por um operador através de um veículo denominado de *Mizusumashi* seguindo um percurso previamente definido. Este sistema de reposicionamento de matérias-primas pode ser feito de várias formas; contudo no caso da indústria do calçado, ao longo de um percurso o repositor tem de passar tanto pela área de montagem como pela área de acabamento e consequentemente necessitar de transportar uma grande variedade de matérias-primas com um baixo volume. Assim o sistema que mais se adequa é o de *Milk Run*.

Na altura do início do estágio, não existia nenhum tipo de sistema de reposicionamento de matérias-primas. A reposição era feita “à maneira” do operador responsável pela reposição, o que resultava em problemas nas linhas de montagem e acabamento, pois mudando de turno também se mudava de operador e o abastecimento era feito de forma diferente.

Por não estar definido nenhum sistema de reposicionamento de matérias-primas, cada operador fazia diferentes percursos na reposição. Após um período de análise ao abastecimento das linhas em dois turnos diferentes, foi possível identificar quatro percursos. Ou seja, o operador para abastecer totalmente toda a fábrica, passava quatro vezes pelo armazém. Isto, além de um desperdício de tempo e de o operador percorrer uma distância muito maior do que seria necessário num abastecimento geral da fábrica, gerava outros problemas.

Um dos problemas era o atraso no reposicionamento de matérias-primas tanto à área de montagem como à área de acabamento. Ora, se existe um atraso maior numa reposição, pode acontecer o *stock* existente numa determinada área acabar e consequentemente a máquina ou a linha ter de parar. Isto acarreta um enorme desperdício de recursos como por exemplo operadores parados e o aumento de *stock* de produtos semiacabados.

Outro problema resultante da utilização de mais do que um percurso que passe por todos os postos de abastecimento, era a necessidade de levar grandes quantidades de um tipo de matéria-prima de cada vez que se fazia o percurso, pois o tempo entre uma passagem e outra é muito maior. Além disso, levando uma maior quantidade de matérias-primas de cada vez, fazia com que o espaço existente no transporte diminuísse, resultando no transporte de uma menor variedade de matérias-primas.

Por fim, o último aspeto relevante no abastecimento de matérias-primas na fábrica era o veículo em que era feito. Na altura em que foi feita esta análise, o veículo utilizado era um porta paletes, o que não é o mais apropriado. Como a área de uma paleta é pequena, além de se conseguir levar menos matérias-primas de cada vez, muitas vezes era necessário utilizar um caixote ou algo parecido para se conseguir transportar certas matérias-primas

dadas as suas dimensões e peso. Outro problema do veículo era as suas dimensões transtornarem o abastecimento devido à falta de espaço em certos locais da fábrica.

3.4.2 Área de Montagem

Na fábrica Ecco'let Portugal, existem duas zonas de montagem. Numa está instalada uma máquina de injeção de trinta estações e na outra uma máquina de injeção de dezoito estações. Na análise do estado atual da fábrica no início do estágio, os problemas encontrados em relação às matérias-primas nas duas zonas foram idênticos, com a exceção de na zona de montagem da máquina de dezoito estações estarem mais acentuados. Dito isto, foram encontrados vários problemas para quatro tipos de matérias-primas nas duas zonas de montagem.

A primeira matéria-prima a analisar foi o *shank*, que é utilizada no interior da sola para dar estabilidade e conforto ao pé. Na área de montagem da máquina de dezoito estações, em relação aos *shanks*, existiam sete tipos de problemas:

- Estante de apoio onde estão colocados os *shanks* estava num local de difícil visionamento;
- Falta de organização;
- Demasiado *stock* intermédio;
- Caixas demasiado grandes e pouco práticas para manusear;
- Não estava definido o *stock* mínimo e máximo;
- Não existia um sistema de reposicionamento de *stock*;
- Demasiado manuseamento desde a estante de apoio até à colocação no sapato;
- Vários tipos de *stock* na estante de apoio sem serem utilizados.

Estando a estante de *stock* de apoio à máquina num local de difícil visionamento, o repositor de matérias-primas tinha dificuldade em verificar se era ou não necessário efetuar nova reposição. Isto resultava em perdas de tempo por parte do repositor ou pior ainda na não reposição de matérias-primas.

Quanto à falta de organização, este problema é muito comum nas fábricas que não têm um sistema de reposição eficiente e os locais específicos para as matérias-primas bem definidos. Este problema resultava em outros, tais como a perda de materiais e mistura de dois tipos diferentes de materiais.

O excesso de *stock* intermédio era também resultado da falta de um sistema de abastecimento de matérias-primas. Como foi explicado anteriormente na secção da reposição de matérias-primas, a inexistência de um sistema de abastecimento fazia com que o repositor das mesmas trouxesse demasiada quantidade de cada tipo de matérias-primas, resultando num excesso de *stock* intermédio.

O problema das caixas demasiado grandes e pouco práticas para manusear, tinha a ver também com o problema anterior, ou seja, quando o repositor de matérias-primas fazia o abastecimento em caixas muito grandes, existia demasiado *stock* intermédio que resultava na falta de organização. Além disso, estas caixas eram pouco práticas quando estavam a ser utilizadas na linha de montagem. Este problema estava também ligado ao seguinte, que era a indefinição de *stock* mínimo e máximo. Quando o *stock* mínimo e máximo não está definido, duas situações podem acontecer. A primeira, relacionada com a

indefinição do *stock* máximo e é a que tem menor gravidade é o excesso de *stock* intermédio e o segundo é a rutura da matéria-prima. Este já é muito grave pois faz com que a produção pare enquanto não seja novamente reposta. Neste caso é consequência da indefinição de *stock* mínimo.

Já a inexistência de um sistema de reposicionamento de *stock* fazia com que tanto os operadores da máquina como o operador que repunha as matérias-primas não soubessem quando era ou não necessário repor o *stock*. Deste modo corria-se o risco que o *stock* intermédio acabasse e a máquina parasse.

O excesso no manuseamento desde a estante de apoio até à máquina era um problema que resultava em desperdício de tempo por parte dos operadores e na criação de mais locais de *stock* intermédio entre a estante de apoio e a máquina. Tudo isto levava à já referida falta de organização.

Por fim, a existência de vários tipos de *stock* na estante de apoio sem serem utilizados, contribuía para o aumento de *stock* intermédio, falta de organização e redução de espaço na estante para as matérias-primas que estavam efetivamente a ser utilizadas.

Podemos então reparar, no caso do *shank*, na máquina de dezoito estações, que todos os problemas estão interligados, o que faz com que ao resolver um, provavelmente resultará na resolução de outros.

A figura seguinte, Fig. 11 representa bem os problemas acima descritos.



Figura 11: Estante de apoio à máquina de injeção dezoito estações

Em relação às outras duas matérias-primas existentes na zona de montagem da máquina de injeção de dezoito estações, os problemas eram similares aos dos *shanks*. As matérias-primas são as espumas e as esponjas. Ambas são utilizadas no interior da sola. No caso das espumas a função é dar mais apoio ao calcanhar e as esponjas têm como função a eliminação de bolhas de ar na parte da frente da sola.

Em relação às espumas, os problemas prendiam-se com o tamanho das caixas uma vez que estas eram demasiado grandes, o que resultava no segundo problema, a existência de um grande número de *stock* intermédio na linha e diminuição de espaço para os vários tipos de matérias. Além disso, o facto de as caixas serem muito grandes, dificultava o manuseamento na linha, causando transtornos aos operadores.

O facto de o manuseamento na linha ser excessivo era também um problema, ou seja, em vez de as caixas da estante de apoio irem diretamente para a área de montagem,

estavam a ir para um local entre a estante e a linha, para daí irem para o posto onde eram aplicadas nos sapatos. Era um problema que estava ligado com o anterior pois estava a acontecer devido às caixas não serem as mais indicadas.

Assim como nos *shanks*, as espumas tinham um fraco sistema de reposicionamento que causava a incerteza de quando iriam acabar antes de uma nova reposição, obrigando eventualmente à paragem da máquina.

Com as esponjas, os problemas eram exatamente os mesmos que nas espumas, com o acrescento de estas não terem nenhum local para o lixo resultante da aplicação. Ou seja, durante o processo da aplicação das esponjas nos sapatos, os operadores utilizavam uma caixa de reposição para colocar o lixo. Isto, resultava no desperdício de equipamento e em falta de organização.

Em todas as matérias na máquina dezoito havia ainda o problema de nem todas as caixas estarem identificadas e os locais para estas na estante não estarem também identificados.

Quanto à zona de montagem da máquina de trinta estações, as matérias-primas utilizadas são as mesmas mas os problemas já não eram graves.

Em relação aos *shanks*, existiam os problemas de excesso de *stock*, falta de identificação tanto nas caixas como na estante e demasiado manuseamento.

O problema de excesso de *stock* causava a redução de espaço na estante de apoio, maiores custos pois estando os *shanks* parados na linha e não havendo no armazém acabava-se por encomendar mais para repor o *stock* do armazém.

A falta de identificação nas caixas provocava a troca de caixas entre as diferentes matérias-primas; já na estante fazia com que o operador responsável pela reposição das matérias-primas trocasse o sítio e com isso causasse falta de organização.

Por fim, o excesso de manuseamento fazia com que acontecesse o mesmo tipo de problemas que foram identificados no caso da máquina de dezoito estações que eram o desperdício de tempo por parte dos operadores, a criação de mais locais de *stock* intermédio entre a estante de apoio e a máquina e a desorganização do local de trabalho.

Quanto à espuma, no caso da máquina de trinta estações, os problemas que existiam eram exatamente os mesmos que no caso dos *shanks*.

Por seu lado, a matéria-prima esponjas tinha problemas ao nível de uma grande variedade de *stock* na estante de apoio e na falta de um caixote do lixo para colocar os desperdícios resultantes da aplicação das mesmas nos sapatos. Havendo muita variedade de esponjas junto da máquina reduzia-se o espaço para o *stock* necessário e aumentava-se os custos devido ao facto de o armazém repor o *stock* que estava parado junto da linha, aumentando desnecessariamente o número de unidades desta matéria-prima. Não havendo caixote do lixo para os desperdícios, fazia com não houvesse organização no local de trabalho.

Além destas três matérias-primas, havia ainda dois problemas em relação à cola que se aplica nos sapatos. Eram estes, o excesso de *stock* na estante e a falta de identificação tanto na caixa da cola como no lugar desta na estante de apoio. Em relação ao excesso de *stock* acontecia o mesmo que foi dito no caso do excesso de *stock* de *shanks*. Por não haver identificação na caixa e na estante acontecia o mesmo referido no caso das caixas para as outras matérias-primas.

Para se perceber melhor os problemas da área de montagem da máquina de trinta estações, uma imagem da estante de apoio é apresentada na Fig. 12. Resta dizer que apesar de não ser perceptível, as identificações de cada caixa não correspondem à matéria-prima do interior.



Figura 12: Estante de apoio à máquina de injeção de trinta estações

3.4.3 Área de Acabamento

No que diz respeito aos problemas de reposição de materiais encontrados nas linhas de acabamento, podemos dividi-los em dois tipos: de origem química e de origem física.

Analisando primeiro os “materiais físicos”, existem oito tipos de materiais, em que cada um tem vários problemas. Os oito materiais são:

- *Chip* do interior da caixa de sapatos;
- Papel de embalar os sapatos;
- Caixas de embalar os sapatos;
- Divisórias do interior das caixas dos sapatos;
- Pictogramas;
- Esticadores;
- Formadores;
- *Main card*.

No caso dos *chips*, na altura que foi feita a análise ao estado da empresa, era utilizada uma caixa com as medidas do rolo de *chips* em que se colocava o rolo no interior. Acontecia que esta caixa era feita de madeira impossibilitando assim a visualização para o interior da mesma. Com isto, não se conseguia verificar se o rolo de *chips* se encontrava quase a acabar ou não. Era um problema grave pois caso o rolo acabasse faria com que a linha tivesse de parar até ser feita a reposição de um novo rolo. O facto de a reposição ser feita no local dava origem ao segundo problema encontrado para este material que era o cheiro tóxico. Estes rolos vêm em sacos totalmente isolados devido ao cheiro que têm e às propriedades que necessitam de ter. Ao abrir o saco no posto de trabalho fazia com que ficasse um cheiro que causava muito desconforto aos trabalhadores e perigo para a saúde devido a intoxicação. Por fim, o último problema encontrado para este material era o facto de a caixa que continha o rolo de *chips* não ter um local definido na mesa de trabalho. Isto

fazia com que os trabalhadores movimentassem a caixa para o local que lhes desse mais conforto para trabalhar, causando transtornos no fluxo produtivo.

O segundo material analisado foi o papel de embalar os sapatos. Este é colocado à volta dos sapatos para depois colocar no interior das caixas. Para este caso, foram encontrados dois problemas. Um foi a falta de organização, ou seja, não existia uma caixa própria para o papel de embalar o que fazia com que os papéis estivessem soltos pela linha, causando complicações no fluxo produtivo. Utilizava-se uma estrutura que servia para solucionar provisoriamente este problema mas apenas servia para um tipo de papel de embalar, o que não é suficiente quando se trata de uma empresa de calçado na qual existe muita variedade de produtos com tamanhos diferentes e consequentemente, exige papéis de embalar de tamanhos diferentes. O segundo problema encontrado para este material era a não existência de um *stock* mínimo e máximo. Este problema causava a paragem da linha quando o repositor de matérias-primas se atrasava ou o colaborador que estava no posto de trabalho se esquecia de pedir mais. É um problema com consequências graves para a fábrica, visto que a colocação do papel de embalar é uma das últimas tarefas na linha de acabamento; o facto de a linha ter de parar pela inexistência momentânea do papel fazia com que o sapato já finalizado ficasse parado na linha e não saísse. Além disso trata-se de um sistema não automatizado que tem maiores probabilidades de falhar.

Olhando agora para o terceiro material analisado, que foram as caixas de embalar sapatos, quatro problemas foram encontrados:

- Falta de um local para armazenamento das caixas de embalar no local de trabalho;
- Excesso de *stock* no local de trabalho;
- *Stock* máximo e mínimo indefinido;
- Falta de organização no local de trabalho.

A inexistência de um local para armazenamento das caixas de embalar no local de trabalho, fazia com que as caixas fossem armazenadas onde houvesse espaço no local de trabalho, gerando confusão e mais dificuldades no manuseamento das mesmas. Além disso, fazia com que muitas vezes as caixas não fossem montadas no posto de trabalho dificultando assim a saída dos sapatos da fábrica. O excesso de *stock* no local de trabalho era causa também da inexistência de um local de armazenamento das caixas de embalar pois colocando as caixas em vários locais da linha, o espaço era maior e fazia com que se colocasse mais caixas do que o necessário. Além disso também se colocavam mais variedade de caixas. O excesso de *stock* na linha de acabamento causava um acréscimo nos custos e dava origem ao quarto problema referido na análise que é a falta de organização. A falta de organização dava origem ao aumento da dificuldade de manuseamento das caixas de embalar no posto de trabalho e ao aumento dos custos intermédios na linha de acabamento.

Os três problemas referidos anteriormente, poderiam inexistir caso o *stock* mínimo e máximo deste material estivesse definido. Como não está definido além dos problemas numerados até agora, causa também a paragem da linha de acabamento quando o abastecimento não é feito, o que é muito grave.

O quarto material analisado são as divisórias do interior da caixa dos sapatos. Estas são usadas para separar o sapato direito do esquerdo dentro da caixa, são em espuma e retangulares. Para este material, foram encontrados cinco tipos de problemas:

- Excesso de *stock* no posto de trabalho;
- Falta de organização;
- Indefinição de *stock* mínimo e máximo;

- Caixa utilizada para armazenamento no posto de trabalho não era a mais indicada;
- Fraco sistema de abastecimento junto do posto de trabalho.

O excesso de stock no posto de trabalho fazia com que aumentassem os custos intermédios da empresa por haver material parado na linha, e contribuía para o segundo problema que era a falta de organização. A falta de organização contribuía para a dificuldade no manuseamento dos materiais e de certo modo, para o aumento do tempo de ciclo pelo operador.

A indefinição do *stock* máximo e mínimo, fazia com que acontecessem duas situações. No caso da indefinição do *stock* máximo causava o excesso de *stock* no posto de trabalho, já a indefinição do *stock* mínimo causava por vezes a paragem da linha em alturas que as divisórias terminavam, o que era muito grave.

O quarto problema encontrado neste material era o facto de a caixa utilizada para armazenamento das divisórias no posto de trabalho não ser a ideal para trabalho. A caixa tinha forma de um prisma rectangular que era bom para colocar dentro as divisórias; contudo, ao retirar causava grandes transtornos pois ficavam presas umas às outras. O transporte desde o armazém até ao posto de trabalho também era problemático. Dado que não existia nenhuma caixa ou veículo com uma parte específica para as divisórias, o transporte era feito num caixote no qual além de se transportar uma enorme quantidade de cada vez, fazia com que as divisórias com o vento resultante do transporte saíssem do caixote.

Em relação aos pictogramas, que são os autocolantes colocados no interior dos sapatos a dizer “*made in Portugal*”, após a análise foi possível encontrar três problemas. Deste modo, verificou-se que o sítio de colocar os rolos que continham os pictogramas em algumas linhas não estava definido, não existia um caixote do lixo para os papéis resultantes da colocação dos pictogramas e o *stock* mínimo e máximo não estavam definidos.

Quando não existe um sítio próprio para a colocação de um material num posto de trabalho, o que acontece é cada operador utilizar um sítio que lhe dê mais jeito de trabalhar. Isto gera falta de organização no posto de trabalho, o que originará a diminuição do espaço disponível para trabalhar e a dificuldade no manuseamento dos produtos. Neste caso, em algumas linhas não existia um local próprio para colocar os rolos de pictogramas o que originava este tipo de situações.

O problema da inexistência de um caixote do lixo para os papéis resultantes da colocação dos pictogramas tinha consequências ao nível da falta de organização e da perda de tempo por parte dos operadores. Assim quando o lixo acumulado nos postos de trabalho já era algum, o operador tinha de se dirigir ao caixote do lixo mais próximo que resultava em movimentação desnecessária e o aumento do tempo de ciclo desse posto de trabalho.

O *stock* mínimo e máximo para este material também não estava definido. Dado ser um rolo, o *stock* mínimo e máximo torna-se mais difícil de definir; mas o facto de não estar definido podia dar origem a excesso de rolos na linha ou o rolo acabar antes de ser abastecido, causando a paragem da linha.

Os esticadores servem para manter o sapato na forma ideal dentro da caixa, ou seja, são colocados no interior do sapato presos aos formadores empurrando a parte do calcanhar para fora. Para este material, foi possível observar dois problemas. Um diz respeito à indefinição de *stock* mínimo e máximo. Isto fazia com que em algumas linhas houvesse um excesso de *stock* junto do posto de trabalho, noutras o *stock* fosse mínimo e em alguns caso acabasse dando origem à paragem da linha. O segundo problema era a falta

de organização. Em nenhuma das linhas havia um local definido para as caixas de esticadores, o que resultava nas caixas terem locais diferentes no posto de trabalho dependendo do operador que tivesse a coloca-las.

O sétimo material usado na linha de acabamento analisado foram os formadores. Estes são utilizados na parte da frente do interior dos sapatos para, como o nome indica, manter o sapato com a forma correta durante o transporte da fábrica até às lojas. Dependendo do modelo de calçado, diferentes modelos de formadores são utilizados.

Na análise deste material foram encontrados três problemas. Eram eles a indefinição de *stock* mínimo e máximo, a falta de organização e o fraco serviço de abastecimento. A indefinição de stock mínimo e máximo, gerava grandes quantidades de um determinado modelo de formadores no posto de trabalho e contrariamente noutros modelos havia escassez e às vezes falta de formadores para aplicar obrigando à paragem da linha até novo abastecimento. Normalmente o que mais acontecia era o excesso de *stock* que se observava na linha tanto do modelo que estava a ser usado como de outros previamente usados que ainda não tinham sido arrumados de novo no armazém. Isto dava origem aos dois seguintes problemas.

Devido ao excesso de *stock* de formadores na linha de acabamento, havia uma grande falta de organização pois além de não haver espaço para mais formadores, como estes não tinham nenhuma caixa ou sítio específico de armazenamento na linha, acontecia de ficarem todos desorganizados. Isto resultava no operador às vezes trocar o modelo de formadores que deveria utilizar ou até mesmo o tamanho de formadores indicados para o sapato.

Por não haver nenhuma caixa de transporte dos formadores, este era feito nos caixotes que vinham dos fornecedores. Isto fazia com que todo o espaço disponível para transporte de matérias-primas e materiais para a fábrica ficasse ocupado. Além disso, como o abastecimento era feito manualmente na linha, era sempre colocado um grande número de formadores na linha.

Para se perceber melhor os três problemas acima descritos sobre este material, pode-se observar a Fig. 13.



Figura 13: Posto de trabalho de aplicação dos formadores na linha de acabamento

O último aspeto a ser analisado foram as *main cards*. Estas eram guias de produção nas quais se encontravam a quantidade de pares que tinham de ser produzidos, assim como o tamanho e modelo dos mesmos. Inicialmente estas eram em formato A4 mas posteriormente passaram a vir divididas por guias de produção por tamanhos, o que resultava num maior número de guias bastante pequenas. Esta mudança gerou dois problemas, que foram a falta de um utensílio para colocar as guias e a falta de organização.

Os dois problemas estavam relacionados na medida em que um resultava no outro, ou seja, a razão da falta de organização tinha a ver com a falta de um utensílio para colocar as *main cards*. Estes dois problemas tinham como consequência o acréscimo de dificuldades para o operador que registava os pares feitos e em algumas vezes resultava mesmo na troca de tamanhos registados por parte dos operadores.

Focando agora nos “materiais químicos”, na análise feita foram encontrados problemas em sete tipos de materiais:

- Tintas em *spray*;
- *Sprays*;
- Acetona;
- Tintas em pasta;
- Creme;
- Cera;
- Cola.

As tintas em *spray* são usadas neste contexto para pintar o *shock point* (ponto de absorção do impacto existente na sola de alguns sapatos), pintar a sola e dar uns efeitos na gáspea.

Aquando da análise foram encontrados alguns problemas nas tintas em *spray*, tais como a indefinição de *stock* mínimo e máximo, a lata da tinta não possibilitava a verificação da quantidade que se encontrava no seu interior e era possível observar um excesso de *stock* junto do local de aplicação.

No que concerne ao primeiro problema, a indefinição de *stock* mínimo e máximo resultava em duas situações. Um deles era o excesso de *stock* na linha, como já foi referido, e o outro era a possibilidade de uma rutura de *stock* e consequente paragem da linha. Já a lata de tinta era problemática pois estando impossibilitada a verificação do nível de tinta não se sabia quando era necessário trocar a lata. Finalmente, não raras vezes o excesso de *stock* no posto de trabalho provocava uma crescente desorganização dificultando assim o manuseamento da tinta.

O segundo químico analisado foram os *sprays* que têm como função dar brilho ao calçado e preparar a pele para outras operações. Assim como nas tintas em *spray*, neste caso também o *stock* mínimo e máximo não estavam definidos. Devido ao *stock* máximo não estar definido, verificava-se a existência de um excesso de barris de *spray* na linha, o que constituía perigo para o trabalhador devido a estes serem inflamáveis. A indefinição do *stock* mínimo resultou, em certas alturas, na falta de *spray* e na necessidade do operador ter de parar a linha até nova reposição.

A acetona, utilizada em operações de limpeza de solas e gáspeas quando nas operações de pintura se excede a parte delineada também foi analisada. Aqui foi possível verificar alguns problemas, tais como o recipiente utilizado não ser o mais indicado para estar na linha, inexistência de um local próprio para a acetona e o *stock* mínimo e máximo não estarem definidos. O facto de o recipiente não ser o mais indicado, tornava o trabalho do operador perigoso devido à composição química da acetona. Do mesmo modo que obriga a que o enchimento de frascos mais pequenos para trabalhar na linha seja feito diretamente do bidão provocando quase sempre vazamento de acetona para o chão, pois o bidão não tinha uma torneira ou algo que facilitasse esta operação. Isto também era perigoso para o operador pela composição química da acetona e pelo chão ficar escorregadio. Finalmente, a indefinição do *stock* mínimo e máximo, redundava no excesso de acetona da linha e consequente aumento do risco de inflamação da mesma ou numa rutura de *stock*, obrigando a paragem da linha.

No que toca às tintas em pasta, usadas na área de reparações para pintar alguma imperfeição no sapato ou retocar alguma parte danificada, verificaram-se dois problemas: a falta de um recipiente para colocar as tintas durante a utilização e a desorganização do posto de trabalho. No primeiro caso, as tintas estavam a ser colocadas num pano molhado e no segundo, devido à existência do primeiro problema e na zona se utilizar uma grande variedade de matérias-primas, acontecia o posto de trabalho estar continuamente desorganizado, o que resultava em maiores dificuldades no trabalho do operador.

O creme é utilizado para dar brilho e pintar o sapato. É utilizado na forma de *spray* e de pasta. Tanto num caso como no outro, verificava-se a indefinição de *stock* mínimo e máximo e a falta de um recipiente próprio tanto para armazenar como para aplicar o creme no sapato. A falta de um recipiente próprio tinha como consequências a dificuldade de aplicação do creme no sapato e o desperdício pois, aquando da análise, era utilizada uma bacia para armazenar o creme enquanto a aplicação era feita. Como a bacia não tinha nenhuma tampa, o creme secava, tornando-se impróprio para nova aplicação. Quanto à indefinição do *stock* mínimo e máximo, as consequências relacionadas com este problema prendem-se com o excesso ou escassez de creme na linha de acabamento, gerando falta de organização ou paragem da linha.

Em relação à cera, que é utilizada para remover colas da gáspea, o único problema observado foi a indefinição do *stock* mínimo e máximo. Apesar da indefinição, não se verificou a falta de *stock* na linha; contudo, verificou-se um excesso de ceras na linha de acabamento.

O último químico revisto na análise feita foi a cola, utilizada para colar as palmilhas em certos modelos e aplicada na forma líquida. Os problemas neste caso foram os *stocks* mínimo e máximo não estarem definidos, bem como a panela utilizada para a armazenar não permitir a visualização para o interior, impedindo consequentemente a verificação do nível da cola. Estes problemas levavam à paragem da linha devido à rutura do *stock* de cola e ao excesso de cola na linha de acabamento.

Na mesma área outros problemas não relacionados com a reposição de matérias-primas ou materiais foram analisados, nomeadamente os de balanceamento das linhas (que aquando da análise feita, em alguns casos eram graves).

Os problemas encontrados na análise das linhas de acabamento em termos de balanceamento foram:

- Inexistência de tempos de processamento das diferentes operações;
- Inexistência de um plano de balanceamento das linhas;
- Má calibração das linhas em termos de fluxo do calçado;
- Colocação dos operadores com rendimento inferior em locais chave na linha;
- Produtividade da linha baixa a muito baixa, em alguns modelos;
- Má execução de algumas tarefas em termos de qualidade.

A inexistência de tempos de processamento das tarefas resultava na indefinição dos tempos de ciclo de cada modelo e consequente indefinição da quantidade exata de pares previstos por hora e por turno.

A inexistência de um plano de balanceamento das linhas é um problema que está relacionado com a má calibração das linhas em termos de fluxo do calçado. Ou seja, o facto de não haver nenhum plano de balanceamento das linhas resultava nas linhas de acabamento estarem mal calibradas. Com isso, os operadores com rendimento inferior eram colocados em locais chave na linha que, juntando aos dois problemas anteriormente referidos, tinham como consequência a fraca produtividade da linha de acabamento. Nos modelos com operações mais complexas, essa produtividade era ainda mais baixa.

A má execução de algumas tarefas a nível de qualidade, contribuía também para a fraca produtividade da linha. Assim, quando o sapato chegar ao controlo de qualidade da linha e o operador reparar que alguma das operações anteriores foi mal realizada, o sapato tem de voltar para a operação mal executada resultando num aumento do tempo de ciclo, ineficiência e baixa produtividade da linha.

Para perceber o nível de produtividade e eficiência das linhas de acabamento, alguns exemplos de modelos produzidos são apresentados na seguinte tabela, Tabela 2:

Tabela 2: Produtividade e eficiência de alguns modelos produzidos no início do estágio

Modelo	Quantidade Produzida/Hora	Número de Pessoas na Linha	Eficiência
Transporter 503514 black	87	7	73%
Transporter 503504 black	85	7	71%
Camberra 622024 black	29	9	53%
Summer Sneaker 540024 ombre	83	8	79%
Summer Sneaker 540024 black	83	7	89%
Chander 545004	60	7	47%

O valor da eficiência foi calculado através de a cem por cento de eficiência da linha subtrair a percentagem de tempo inativo. Já este é calculado através da seguinte fórmula:

$$\% \text{ Tempo Inativo} = \frac{K \times C - T}{K \times C} \quad (1)$$

Em que,

$$K = \frac{T}{C} \quad (2)$$

E onde,

$$T = \sum_{i=1}^N t_i \quad (3)$$

Sendo,

K = Número mínimo de postos de trabalho

C = Tempo de ciclo

T = Tempo de execução de todas as tarefas

t_i = Tempo de execução de cada tarefa

3.5 Definição de Objetivos

Feita a análise do estado atual da fábrica entre os meses de Setembro e Outubro, seguiu-se a definição de objetivos. De uma forma geral, o objetivo principal foi a otimização da reposição das matérias-primas e dos materiais do acabamento e montagem, manuseamento dos mesmos nas áreas correspondentes e o aumento da produtividade nas linhas de acabamento.

No caso dos problemas encontrados no percurso do repositor de matérias-primas e materiais, foi definido como objetivo a elaboração de um sistema de abastecimento a toda a fábrica de forma a otimizá-lo o mais possível.

3.5.1 Área de Montagem

Tendo em conta a análise feita e os problemas encontrados, observou-se que nas duas zonas de montagem (máquinas de dezoito estações e de trinta estações) os problemas

eram os mesmos. Assim, os objetivos propostos para a otimização das duas áreas foram iguais.

Em relação à matéria-prima *shank*, os objetivos propostos, tendo em conta os problemas encontrados, a realidade da empresa e o futuro próximo, foram:

- Ter a estante de apoio num local com boa visibilidade para o operador responsável pelo abastecimento das matérias-primas;
- Melhorar o sistema de abastecimento dos *shanks*;
- Identificar as caixas dos *shanks* e os seus locais na estante de apoio;
- Definir o *stock* mínimo e máximo.

Já para a matéria-prima espuma, depois de ser feita a análise e encontradas as oportunidades de melhoria, foram propostos os seguintes objetivos:

- Melhorar o sistema de abastecimento das espumas;
- Identificar as caixas das espumas e dos seus locais na estante de apoio;
- Definir o *stock* mínimo e máximo.

Em relação às esponjas, visto que os problemas são praticamente os mesmos das espumas, os objetivos traçados foram os mesmos. Apenas se definiu um outro que se relacionava com a compra de um caixote do lixo para evitar a acumulação do mesmo na área de montagem.

No que concerne à cola, os únicos objetivos definidos foram a definição de *stock* mínimo e máximo e a identificação tanto das caixas da cola como os locais onde devem estar armazenados nas linhas.

Importa ainda afirmar que, apesar de os problemas em algumas matérias-primas serem diversos, por estarem interligados, foram definidos objetivos estratégicos para apenas resolver alguns que originariam a resolução de outros.

3.5.2 Área de Acabamento

Na área de acabamento tendo em conta todos os problemas analisados, foram também definidos objetivos, de forma a otimizar as linhas.

Analisando em primeiro lugar os materiais físicos, os objetivos definidos para os *chips* foram:

- Definir de um sistema de abastecimento;
- Definir o *stock* mínimo e máximo;
- Identificar as caixas, os *chips* e os seus lugares no local de trabalho.

Referindo agora o papel de embalar, além dos mesmos objetivos propostos para os *chips*, foi ainda definido como objetivo, a construção de um caixa específica no posto de trabalho para colocar os diferentes tipos de papéis de embalar.

No caso das caixas de embalar, os objetivos definidos prendiam-se com definir o *stock* mínimo e máximo de cada tipo de caixa, identificar o local para a sua colocação no posto de trabalho, definir um sistema de abastecimento e alterar o *layout* no posto de trabalho para facilitar a construção das caixas e armazenamento.

Para as divisórias, os objetivos estabelecidos foram:

- Definir um sistema de abastecimento;
- Definir o *stock* mínimo e máximo;
- Construir uma gaveta na caixa de papel de embalar para as divisórias.

Em relação aos pictogramas, como objetivos foram definidos a compra de um utensílio próprio para colocar os rolos e retirar facilmente os pictogramas, definir o *stock* mínimo e máximo, definir um sistema de abastecimento e compra de um caixote do lixo para evitar a acumulação de lixo proveniente da aplicação dos pictogramas.

Quanto aos esticadores, os objetivos prendem-se com definir um sistema de abastecimento, definir o *stock* mínimo e máximo e identificar as caixas e o local no posto de trabalho.

Por seu lado, os formadores apresentavam mais problemas aquando a análise. Logo, para este material, os objetivos definidos foram os seguintes:

- Definir um sistema de armazenamento na linha de acabamento;
- Definir um sistema de abastecimento;
- Identificar as caixas e o local das mesmas na linha;
- Definir o *stock* mínimo e máximo.

O último material visto na análise foi a *main card*. Para este material o único objetivo definido foi a compra de uma caixa própria para o armazenamento das *main cards* no posto de trabalho.

Quanto aos químicos, foram também definidos objetivos consoante os problemas encontrados e as previsões futuras de utilização.

Para as tintas em *spray* e os *sprays* os objetivos delineados foram:

- Definir o *stock* mínimo e máximo;
- Definir um sistema de abastecimento.

A única diferença existente nestes dois químicos é a forma como o *stock* mínimo e máximo irá ser definida.

No caso da acetona, além destes dois objetivos, a compra de um recipiente próprio para armazenar a acetona na linha e um local devidamente identificado para colocar este novo recipiente, foram também definidos como objetivos.

Em relação às tintas em pasta, os objetivos traçados prendem-se com definir o *stock* mínimo e máximo, compra de um utensílio para colocação das tintas durante a utilização, construir uma caixa para armazenamento dos frascos das tintas no posto de trabalho e a compra de um caixote do lixo para os desperdícios desse material e de outros nessa zona.

Para o creme, dado existir em forma de *spray* e em forma de pasta e para resolver uma quantidade maior de problemas, os objetivos elaborados foram os seguintes:

- Definir o *stock* mínimo e máximo;
- Definir um sistema de abastecimento;
- Criar recipientes próprios para colocação do creme em pasta durante a aplicação;
- Definir um local de armazenamento dos recipientes do creme em pasta na linha de acabamento.

Quanto à cera, os objetivos foram definir o *stock* mínimo e máximo, construir uma caixa própria com divisórias para os diferentes tipos de ceras e identificar tanto as novas caixas das ceras como do local para estas. Além disso foi estabelecido como objetivo a definição de um sistema de abastecimento.

Por último, tendo em conta os problemas constatados com a cola, foram estabelecidos como objetivos definir o *stock* mínimo e máximo e um novo sistema de abastecimento.

Em relação ao balanceamento das linhas de acabamento, partindo dos problemas encontrados na análise efetuada, foram definidos objetivos, de forma a melhorar a produtividade das linhas. Os objetivos traçados foram:

- Medir os tempos de todas as tarefas dos vários modelos produzidos;
- Extinguir os pontos de estrangulamento das linhas;
- Realizar um estudo de balanceamento das linhas;
- Controlar e gerir os tempos de ciclo tanto dos operadores como da linha.

Estes quatro objetivos têm como meta final o aumento da produtividade de todas as linhas de acabamento.

3.6 Metodologia

Para alcançar todos os objetivos propostos para a resolução dos problemas encontrados foram aplicados vários sistemas visando sempre a metodologia *lean*. A escolha da metodologia *lean* teve em conta todos os aspetos que esta engloba, pois a redução de desperdícios era essencial na Ecco Portugal.

Para perceber melhor a metodologia utilizada, uma descrição mais profunda será feita das várias áreas fabris delineadas para a análise e definição de objetivos.

3.6.1 Percurso de Abastecimento à Fábrica

Como já foi relatado na secção do estado da fábrica no início do estágio, o abastecimento tanto de matérias-primas como dos materiais às diferentes áreas da fábrica era realizado de forma pouco eficiente, causando problemas à produção de calçado. A grande parte destes problemas resulta do facto de não estar definido nenhum sistema de abastecimento à unidade fabril. Para alcançar os objetivos delineados para esta tarefa foi criado um sistema de abastecimento à fábrica baseado no sistema *Milk Run*.

O sistema *Milk Run* tem como objetivo a realização de um percurso ideal, que passe por pontos estratégicos de abastecimento de uma só vez, reduzindo a distância percorrida e consequentemente o tempo de abastecimento. É realizado através de um *Mizusumashi*.

Para implementar este sistema, foram definidos pontos estratégicos na unidade fabril. Estes locais foram definidos com base num estudo em que foram analisadas as quantidades de materiais ou matérias-primas que uma área utilizava e a distância até aos

postos de trabalho desde essa área. Posteriormente, foram definidos seis pontos de abastecimento distribuídos nas duas áreas de montagem e nas cinco linhas de acabamento.

Os tipos de materiais ou matérias-primas utilizadas em cada área eram conhecidos devido ao facto de cada posto de abastecimento estar ligado a uma área diferente e consequentemente a um determinado número e tipo de materiais ou matérias-primas.

Após a identificação dos pontos estratégicos de abastecimento, foram medidas as distâncias entre os mesmos e o armazém. Estas distâncias foram calculadas através dos percursos dos corredores entre as diferentes áreas fabris. Calculadas as distâncias entre os pontos estratégicos de abastecimento e o armazém, seguiu-se a medição em segundos do percurso entre estas mesmas distâncias.

Reunidas todas as informações necessárias, foi possível a implementação de um sistema *Milk Run*. Para tal, tendo como objetivo um percurso único que passasse por todos os pontos estratégicos na menor distância possível, foram calculadas as distâncias de todos os percursos possíveis e escolhido o que tinha a menor distância como se pretendia. Como foram medidos os tempos de percurso entre os postos de abastecimento em segundos, foi possível prever quando o *Mizusumashi* passava em cada posto de abastecimento para posteriormente saber quanto tempo deveria demorar o *stock* mínimo de cada material ou matéria-prima a esgotar.

3.6.2 Área de Montagem

A área de montagem está dividida em duas zonas. Uma engloba uma máquina de injeção de dezoito estações e a outra, uma máquina de injeção de trinta estações. As matérias-primas utilizadas nas duas máquinas são as mesmas e, consequentemente, os problemas encontrados foram os mesmos. Além disso, devido aos problemas de todas as matérias-primas serem similares, a metodologia utilizada foi igual para todas as matérias-primas e para as duas zonas de montagem.

A primeira decisão tomada para a zona de montagem da máquina de dezoito estações foi a colocação de uma estante de apoio num local visível para o operador responsável pela reposição das matérias-primas. Com isto procurou-se evitar a perda de tempo por parte deste operador na altura que passava neste ponto do percurso, pois tinha de realizar sempre um desvio para perceber se havia ou não necessidade de um novo abastecimento. Além disso, corria-se o risco da rutura de alguma matéria-prima caso o operador responsável pelo abastecimento não visualizasse alguma caixa vazia. Na zona da máquina de trinta estações esta operação não foi necessária, dada a estante de apoio já se encontrar num local visível.

Referindo agora as matérias-primas utilizadas nas duas máquinas, a única diferença nas duas áreas de montagem na altura em que foi realizada a análise foi o facto de na máquina de dezoito estações os problemas estarem mais agravados. Dito isto, dos vários problemas encontrados para as três matérias-primas utilizadas na área de montagem (*shank*, espumas e esponjas) o primeiro a ser resolvido foi a otimização do sistema de abastecimento. Este problema foi resolvido praticamente ao mesmo tempo do problema de

definição do *stock* mínimo e máximo e da identificação das caixas e local das mesmas pois estavam relacionados.

A primeira opção tomada foi dimensionar as diferentes caixas para as diferentes matérias-primas. Para os *shanks* e para as esponjas utilizaram-se as caixas mais pequenas e no caso das espumas as caixas médias foram as escolhidas. Com esta escolha procurou-se evitar o excesso de *stock* junto da área de montagem devido ao facto de, até aqui, se utilizarem caixas demasiado grandes para matérias-primas pequenas. Em relação à cola foi decidida a utilização das mesmas caixas das espumas. Um exemplo das caixas pode ser visto na figura seguinte, Fig 14.



Figura 14: Caixas utilizadas para as matérias-primas da área de montagem

Realizou-se, em paralelo, a identificação tanto das caixas como dos locais das mesmas na estante de apoio e na máquina de injeção. A identificação das caixas tinha como objetivo a impossibilidade de troca de caixas entre matérias-primas diferentes enquanto a identificação dos locais das mesmas na estante de apoio e na máquina visava alcançar uma maior organização no local de trabalho e facilitar o abastecimento e manuseamento das matérias-primas.

Para melhorar o sistema de abastecimento destas matérias-primas à área de montagem, foi criado um sistema baseado no uso de *kanbans*. A caixa serviu como um cartão de *kanban* e definiu-se como *stock* mínimo uma caixa na área de montagem (estante de apoio e local de aplicação das matérias-primas) e como *stock* máximo duas caixas na mesma área. Com este sistema verifica-se sempre a existência de uma caixa para realizar o trabalho e impossibilita-se a existência de mais do que duas caixas. O funcionamento do sistema tem também como base o sistema *pull*. Uma caixa está colocada no posto de trabalho e a outra na estante de apoio, servindo como *stock* de segurança. Ao acabar a matéria-prima da caixa que está a ser utilizada no posto de trabalho, esta é trocada pela que está cheia na estante de apoio. Foi decidido apenas utilizar uma caixa de *stock* de segurança na linha, pois o tempo que uma caixa de matérias-primas demora a terminar, é superior ao tempo de reposição de uma nova caixa. O responsável pelo abastecimento ao passar na estante de apoio da máquina de injeção e verificar que a caixa de uma determinada matéria-prima está vazia, recolhe-a para quando passar pelo armazém abastecer a caixa dessa mesma matéria-prima e no novo percurso de abastecimento deixar a caixa cheia na estante de apoio.

Por fim, foi comprado um caixote do lixo adequado à colocação dos papéis provenientes das esponjas.

3.6.3 Área de Acabamento

Na área de acabamento devido aos problemas serem diferentes e consequentemente os objetivos propostos igualmente diferentes, a metodologia utilizada para chegar às metas estabelecidas variou.

Como foi definido anteriormente, nas linhas de acabamento os materiais foram divididos em físicos e químicos.

Em relação aos materiais físicos e tendo em conta os objetivos definidos, dado que em alguns casos foram parecidos, a metodologia utilizada foi idêntica.

Especificando agora para cada material, em relação ao *chip*, os três objetivos delineados estão diretamente relacionados, ou seja, para definição de um sistema de abastecimento, é necessário que esteja definido um *stock* mínimo e máximo e para isto funcionar corretamente, as caixas utilizadas para os *chips* terão de estar identificadas.

A primeira medida tomada para atingir os três objetivos foi a definição do *stock* mínimo e máximo. Na altura da análise, utilizava-se uma caixa com um rolo dentro e apenas quando este acabasse se colocava um novo. Isto fazia com que a linha parasse momentânea e constantemente. Além disso, a abertura da embalagem (onde vem o rolo) na linha de acabamento constituía um perigo para os trabalhadores, devido ao cheiro que se libertava. Para solucionar este aspeto definiu-se como *stock* mínimo uma caixa com um rolo e como *stock* máximo duas caixas. Assim existe sempre, pelo menos, uma caixa na linha e a paragem da mesma deixa de se verificar. A forma como o abastecimento funciona com este sistema é similar ao descrito na área de montagem, ou seja, em cada uma das linhas de acabamento passa a haver uma caixa num local estratégico, definido na secção dos problemas do percurso de abastecimento à fábrica, onde serão colocados todos os *kanbans* dos vários materiais utilizados. No caso dos *chips*, o *kanban* será a caixa do rolo dada a sua dimensão ser pequena. Para tal, o operador que esteja a colocar os *chips* nas caixas de sapatos, ao terminar o rolo coloca a caixa de *chips* no local destinado aos *kanbans* e começa a utilizar a outra existente na linha para não a parar. O operador responsável pela reposição, que de acordo com o percurso delineado, passar no ponto estratégico de abastecimento desta linha e verificar que a caixa dos *chips* está no interior, recolhe-a e leva-a para colocar um novo rolo no interior. Posteriormente no percurso de abastecimento seguinte, repõe a caixa novamente na linha.

Para que este sistema funcione, é necessário que tanto as caixas dos *chips* como os locais das mesmas nas linhas estejam identificados. Deste modo, procedeu-se à identificação destes itens aquando da definição de *stock* mínimo e máximo e da

implementação do novo sistema de abastecimento pois este não funcionaria sem a devida identificação.

Em relação ao papel de embalar e às divisórias, visto apresentarem os mesmos problemas e os objetivos traçados serem os mesmos, a metodologia utilizada foi a mesma.

Para este caso, os objetivos referentes à definição de um sistema de abastecimento e *stock* mínimo e máximo foram resolvidos no mesmo período, visto estarem interligados.

Foi analisado o período de tempo que demorava uma quantidade, tanto de divisórias como de papel de embalar, a acabar, para perceber qual a duração do *stock* mínimo destes dois materiais. Além disso, a duração do *stock* mínimo teria de ser superior ao tempo despendido pelo repositor de materiais na recolha dos *kanbans* da linha e posterior novo abastecimento. Após esta análise o *stock* mínimo foi definido e foi elaborado um *kanban* para cada material. No caso das divisórias, tinha a mesma forma e medidas das mesmas e no caso do papel de embalar tinha forma de “L”. Nas duas situações, no *kanban* encontrava-se referida a quantidade a abastecer, o tipo de material e onde este deveria ser colocado para definir o *stock* mínimo. Quanto ao *stock* máximo, foi também definido com base no tempo que o material demora até acabar, ou seja, tanto num caso como no outro, foi definido que o *stock* máximo não durasse mais do que duas horas na linha. O sistema de abastecimento implementado para estes dois materiais foi definido através do uso dos *kanbans*. Na altura em que o material chegasse ao *stock* mínimo (*kanban*), era necessário colocar o *kanban* na caixa situada no ponto estratégico de abastecimento para continuar a trabalhar visto este estar no meio do material. O *mizusumashi* ao passar nesse mesmo ponto visualiza o *kanban* e fica a saber que necessita de abastecer esse material à linha. Seguidamente leva o *kanban* no *mizusumashi* para saber que quantidade e que tipo de material deverá trazer.

Para atingir o objetivo da construção de uma caixa específica para os diferentes papéis de embalar e para as divisórias, procedeu-se à medição dos mesmos de forma a garantir que caberiam dentro da caixa. Foram também tidas em conta as medidas e a forma da caixa para que coubesse na linha, armazenasse o *stock* pretendido e ao mesmo tempo fosse útil para a utilização e abastecimento dos materiais.

Para perceber melhor o funcionamento dos *kanbans* nestes materiais e a forma da caixa é apresentada a seguinte figura, Fig. 15:



Figura 15: Caixa de divisórias e papel de embalar com *kanban*

Falando agora dos pictogramas, para atingir os objetivos propostos, foram analisados os diferentes rolos de pictogramas existentes, que já existiram e que irão existir para perceber qual a dimensão que habitualmente estes têm. De seguida adquiriu-se um utensílio próprio para os armazenar na linha, tendo em atenção a desejável fácil utilização do mesmo. Este utensílio foi adquirido tendo também em conta a quantidade máxima que irá utilizar, ou seja, o *stock* máximo na linha. Este foi definido em dois rolos de cada pictograma, pois numa linha utilizam-se por norma dois tipos diferentes. O *stock* mínimo foi fixado em um rolo de cada tipo de pictogramas. Foi também adquirido um caixote do lixo com uma dimensão adequada à linha que se destinou ao armazenamento do lixo proveniente dos pictogramas.

Quanto ao novo sistema de abastecimento, foi definido um sistema de *kanbans* em que o rolo servia como *kanban*. Para se conseguir perceber qual o tipo de pictograma alusivo ao rolo, um pictograma era deixado no rolo. Este na altura que acabava era colocado na caixa destinada aos *kanbans* para quando o *mizusumashi* passasse levasse o rolo e trouxesse um novo no próximo percurso.

No caso dos esticadores e formadores, foram definidos os mesmos objetivos a atingir. A única diferença prende-se com o facto de no caso dos formadores haver mais um objetivo, a definição de um sistema de armazenamento na linha de acabamento. Visto isto, a metodologia utilizada para estes dois materiais foi idêntica. Falando primeiro do objetivo referente apenas aos formadores, foi decidido que estes passavam a ser transportados, armazenados e utilizados através de caixas iguais às das espumas, pois tinham o tamanho ideal para estas operações. Posteriormente, o *stock* mínimo foi delineado como uma caixa e duas caixas no caso do máximo. No caso dos esticadores, dado estarem em caixas próprias, o *stock* mínimo e máximo também ficou assim definido.

Olhando para o sistema de abastecimento, no caso dos esticadores, o sistema definido foi igual ao utilizado nas caixas das matérias-primas utilizadas na montagem. Ou seja, são utilizadas duas caixas, uma no posto de trabalho e outra como *stock*. Quando a caixa em utilização termina é substituída pela de *stock* e colocada num local definido na linha para que quando o repositor de materiais passe a leve e a traga de novo cheia. No caso dos formadores, o sistema de abastecimento tinha como base o uso de *kanbans*, em que um formador de cada tipo era pintado de vermelho para ser utilizado como *kanban*.

Neste formador também era escrita a referência do mesmo e a quantidade a trazer. Assim, quando a caixa de formadores que estivesse a ser utilizada terminasse, era substituída pela de *stock* que estava na linha e o formador pintado era colocado na caixa destinada aos *kanbans*. O repositor aquando do seu percurso, vendo o *kanban* dos formadores dirigia-se à linha para recolher a caixa vazia, colocar a quantidade indicada no *kanban* no armazém para posteriormente abastecer a linha no percurso seguinte.

Tanto as caixas de esticadores como as dos formadores e os seus respetivos locais nas linhas foram identificados para não haver troca de caixas entre materiais e evitar a falta de organização na linha.

Para as *main cards*, foram compradas caixas apropriadas para colocar nas linhas de acabamento, para evitar a desorganização e consequente troca de registo de sapatos no sistema.

Quanto às caixas de embalar, após a análise e definição de objetivos para resolver os problemas, houve conhecimento de que se iriam realizar obras na fábrica com alguma brevidade. Assim, não se alcançaram os objetivos propostos pois o investimento era avultado e não fazia sentido num contexto de obras eminentes.

Em relação aos químicos, a metodologia utilizada foi diferente por se tratarem de materiais completamente diferentes e que necessitam de cuidados distintos. No caso das tintas em *spray* e dos *sprays*, os objetivos foram os mesmos, logo a metodologia utilizada foi semelhante. O *stock* mínimo no caso das tintas *sprays*, visto estas estarem armazenadas na linha em latas de média dimensão e daí ser despejada a tinta para um copo que está ligado à pistola de pintura, foi definido o *stock* mínimo como o último copo que a lata enchesse. O *stock* máximo neste caso foi uma lata de tinta *spray* por cada duas linhas. Em relação aos *sprays*, utilizados diretamente do barril através de um tubo que está ligado à pistola, foi construído um marcador em forma de “L” que é colocado por baixo do barril. O *stock* mínimo é a altura de uma das partes do “L” e, por sua vez, o *stock* máximo é um barril no posto de trabalho.

Para alcançar os objetivos referentes à acetona, foi discutido junto de vários fornecedores a escolha de um recipiente próprio para armazenar a acetona nas linhas, devido às normas de segurança que este químico necessita de obedecer. Posteriormente, foi adquirido um recipiente por cada duas linhas de acabamento. No caso do *stock* mínimo e máximo, o mínimo foi definido de igual maneira à utilizada nos *sprays*, com a diferença que devido às dimensões do recipiente da acetona, o marcador em forma de “L” se ajustar e o *stock* máximo foi definido como um recipiente para cada duas linhas.

Para o caso das tintas em pasta, utilizadas na zona de reparações de calçado, foi definido como *stock* máximo um frasco de tinta em pasta e como *stock* mínimo foi definida a última porção de tinta tirada do frasco, pois essa quantidade de tinta é suficiente para uma nova reposição sem rutura. Foi ainda construída uma caixa para colocação de todos os frascos de tinta existentes no posto de trabalho, adquirida uma paleta para colocar a tinta em utilização e um balde do lixo para os desperdícios, objetivando terminar com a desorganização existente neste posto de trabalho.

Quanto ao creme, visto ser aplicado em forma de *spray* e em forma de pasta, diferentes metodologias foram utilizadas para atingir os objetivos delineados. Falando primeiro no caso do creme em *spray*, a forma como foi definido o *stock* mínimo e máximo foi igual à utilizada no caso dos *sprays* ou seja, utilizando um marcador em forma de “L”. Já para o creme em forma de pasta, é armazenado no posto de trabalho num recipiente (bacia aquando a análise feita) para se aplicar nos sapatos através de esponjas e é enchido através de uma lata que se encontra na linha. O *stock* máximo foi definido como uma lata na linha e o *stock* mínimo foi definido como o último enchimento do recipiente do posto de trabalho, ou seja, quando a lata acabar ao encher o recipiente existente no posto de trabalho. A adoção do uso deste recipiente era um dos objetivos traçados para este material. Para atingi-lo foi estudada a forma que este deveria ter para facilitar o mais possível a aplicação do creme no posto de trabalho. Concluiu-se que o recipiente deveria ser de metal e com uma tampa para não permitir que o creme se seque enquanto não estiver a ser utilizado. Após isto, foi adquirido um recipiente com as características desejadas e procedeu-se à aplicação do mesmo no posto de trabalho. Foi também identificado tanto este novo recipiente como o local da lata nas linhas de acabamento para não se aplicar o creme errado nos sapatos, pois em alguns casos a cor é muito semelhante (exemplo do castanho escuro e preto).

Seguindo com a resolução dos problemas encontrados para a cera, a metodologia utilizada para atingir os objetivos traçados foi a definição do *stock* mínimo como uma cera de cada tipo e o *stock* máximo três ceras de cada tipo. A caixa foi aproveitada da existente, apenas com a aplicação de divisórias para a separação dos diferentes tipos de ceras por linha de acabamento. Esta caixa foi identificada e o local da mesma também para facilitar o manuseamento.

Por último, a cola é aplicada em *spray* e armazenada numa panela de pressão. Para este material foi definido como *stock* máximo uma a panela e uma lata de cola por cada duas linhas e o *stock* mínimo como o último enchimento da panela de pressão, ou seja, ao esvaziar a lata pela última vez na panela de pressão.

Quanto ao abastecimento de todos os materiais químicos, foi criado um sistema de abastecimento através do uso de *kanbans*. Ou seja, em cada posto de trabalho foi colocado um cubo com o número do respetivo posto para que no momento em que o material desse posto atingisse o *stock* mínimo, o operador colocasse o cubo no tapete transportador dos sapatos para o último operador da linha coloca-lo na caixa destinada aos *kanbans*. O responsável pela reposição dos materiais da fábrica ao passar nesse ponto do percurso e visualizar o *kanban*, dirige-se ao posto de trabalho respetivo para recolher ou tomar conhecimento do material em falta para no percurso seguinte o abastecer.

Após o melhoramento do abastecimento dos materiais à área de acabamento, seguiu-se a otimização do balanceamento das linhas.

A primeira atividade a ser feita foi a medição dos tempos de todas as tarefas dos vários modelos realizados. Isto foi feito ao longo de uma mês pois cada tarefa foi medida várias vezes e com diferentes operadores de modo a calcular a média dos tempos. Ou seja, como todos os operadores são diferentes e têm tempos de processamento de tarefas

diferentes devido às suas aptidões e qualidades, uns são mais rápidos do que outros. Para não prejudicar os mais lentos mas também para não dar muito tempo de processamento aos mais rápidos e com isso aumentar o tempo de inatividade desses operadores, foi feita uma média dos tempos de cada tarefa para todos os operadores não se sentirem prejudicados e ao mesmo tempo aumentar a produtividade da linha.

Depois da medição dos tempos de todas as tarefas dos diferentes modelos de calçado em termos de acabamento, foi possível verificar quais as tarefas que demoravam mais tempo e consequentemente, causavam o estrangulamento das linhas. Para evitar este tipo de situações, nessas tarefas após a realização do estudo de balanceamento das linhas foram distribuídas mais pessoas. O estudo do balanceamento das linhas de acabamento teve como função a correta distribuição de todas as tarefas por todos os operadores das linhas de forma a evitar o estrangulamento das mesmas em certos pontos. Teve-se ainda atenção às tarefas consideradas como chave, nas quais foram colocados operadores especialistas para evitar erros de qualidade ou tempos de processamento superiores.

Por fim, no controlo e gestão dos tempos de ciclo e dos operadores da linha, foram corrigidos alguns erros cometidos no estudo do balanceamento, como por exemplo a alocação de certos operadores a tarefas para as quais não tinham capacidades e por isso necessitavam de mais tempo do que o destinado. Esse tempo extra fazia com que houvesse um estrangulamento da linha e com isso a produtividade diminuísse. Na gestão das linhas esses operadores eram trocados por outros da linha, com mais capacidades, para evitar esse acontecimento.

No final do estudo de balanceamento das linhas, após calculadas as novas eficiências das linhas para os diferentes modelos, foram previstas eficiências muito superiores. Isto porque todos os operadores teriam o mesmo tempo de processamento e consequentemente menor tempo inativo.

A tabela seguinte mostra a eficiência prevista para os mesmos modelos anteriormente analisados.

Tabela 3: Produtividade e eficiência esperada para alguns modelos produzidos

Modelo	Quantidade Produzida/Hora	Número de Pessoas na Linha	Eficiência
Transporter 503514 black	90	6	85%
Transporter 503504 black	105	7	88%
Camberra 622024 black	55	10	94%
Summer Sneaker 540024 ombre	102	7	97%
Summer Sneaker 540024 black	103	8	95%
Chander 545004	100	6	92%

Todos os cálculos efetuados foram iguais aos descritos anteriormente.

3.7 Breve Descrição do Segundo Caso de Estudo

A Ecco'let Portugal é composta por quatro pavilhões, dos quais, no início do estágio, apenas três eram utilizados. O pavilhão um era utilizado para armazenamento de matérias-primas para a produção, para entrada e saída de produtos e existiam ainda alguns gabinetes. O armazém dois albergava a parte produtiva, as amostras e gabinetes respetivos. Por fim o pavilhão três era utilizado para a manutenção, armazenamento das amostras e gabinetes.

O facto de estes pavilhões terem praticamente trinta anos, faz com que já não se apresentem nas melhores condições pois ao longo destes anos, as mudanças foram muitas e consequentemente os trabalhos no interior destes igualmente muitos.

Como já foi referido anteriormente, a Ecco'let Portugal teve uma boa prestação em resposta ao desafio da produção em falta da Tailândia. Isto fez com que o grupo Ecco apostasse novamente na unidade de Portugal, decidisse que a produção em Portugal iria aumentar para mais do dobro com a chegada de novas máquinas.

Devido à degradação dos edifícios e aumento de produção, surgiu a necessidade de realizar obras em toda a fábrica, pois esta não se encontrava preparada para a chegada de novas máquinas.

Para estas obras, ficou decidido que a fábrica iria de certa forma dividir-se a meio, isto é, a parte da produção iria ocupar dois pavilhões (um para o armazém e outro para as máquinas de produção) e os outros dois pavilhões seriam para a parte de amostras (armazém e máquinas de produção de amostras).

O segundo caso de estudo está relacionado com a realização de um novo *layout* para um dos quatro pavilhões da fábrica, neste caso o pavilhão destinado à produção de amostras e protótipos (pavilhão três).

Este *layout* foi realizado tendo em conta todos os objetivos definidos pela empresa, utilizando para tal o software *AutoCad*.

3.7.1 Estado da Fábrica no Início do Caso de Estudo

No início do segundo caso de estudo, a disposição dos pavilhões era do seguinte modo:

- Pavilhão Um – Armazém de matérias-primas para produção; Entrada de matérias-primas; Saída de produtos acabados;
- Pavilhão Dois – Área de montagem para produção; Área de acabamento para produção; Área de montagem para amostras; Área de Corte para amostras; Área de costura para amostras; Área de acabamento para amostras;
- Pavilhão Três – Área de manutenção; Armazém para amostras; Laboratório; Estufa de PU;
- Pavilhão Quatro – Estava vazio.

À exceção do pavilhão quatro, em todos os pavilhões existiam escritórios. Resta ainda referir que na área de montagem para a produção existiam duas máquinas de injeção e na área de montagem para amostras existia uma máquina de injeção.

Todos estes pavilhões apresentavam problemas desde o estado do piso que, no caso do pavilhão um, devido às constantes cargas e descargas de grandes quantidades de materiais se encontrava bastante danificado, até a aberturas na cobertura, o que em dias de mau tempo permitia que chovesse no interior dos pavilhões.

O *layout* da fábrica nessa altura está ilustrado na seguinte figura.

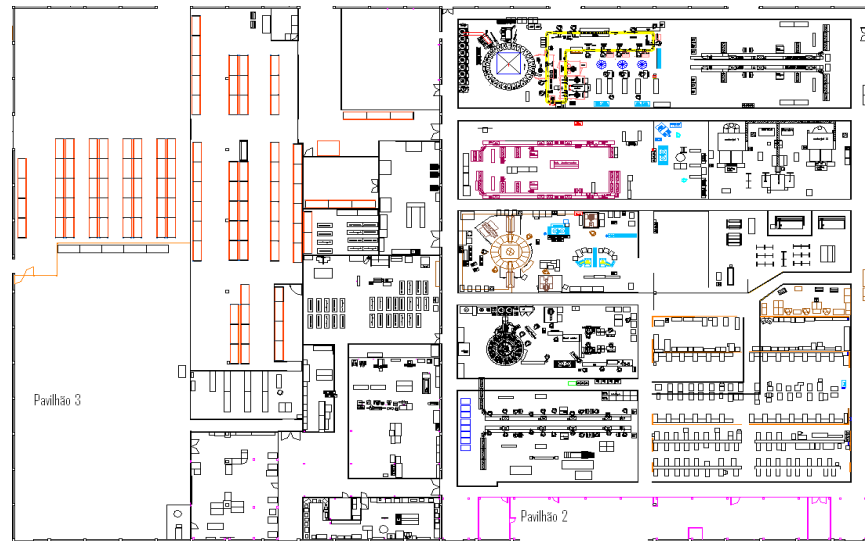


Figura 16: *Layout* do pavilhão dois e três da fábrica Ecco'let Portugal

3.7.2 Definição de Objetivos

Este caso de estudo refere-se ao *layout* do pavilhão três, tendo sido definidos os seguintes objetivos:

- Transferência de todas as áreas relativas às amostras para o pavilhão três;
- Transferência da área de manutenção, laboratório e estufa do PU para uma área diferente do pavilhão;
- Realização de um *layout* para o pavilhão três.

Estes três objetivos têm como finalidade o melhor funcionamento de todo o pavilhão. Em relação à área de manutenção e armazém de PU têm também como finalidade o apoio ao pavilhão dois (produção).

Na nova configuração, o pavilhão três destina-se à nova área de amostras.

3.7.3 Metodologia

Para alcançar todos os objetivos, foi necessário percorrer um conjunto de passos. O primeiro teve a ver com a aprendizagem do *software AutoCad*, que é um *software* adequado à realização de *layouts*.

Seguidamente, foi feito um estudo para perceber como todo o processo de fabrico de amostras funcionava. Percebeu-se que este percorre um conjunto de máquinas que pode ser agrupado em áreas diferentes de forma a facilitar a realização dos trabalhos. Só após este estudo foi possível a definição do local das diferentes áreas da produção de amostras no pavilhão.

Dentro de cada área o *layout* foi definido para que o fluxo de materiais fosse o melhor possível, ou seja, na área de corte o *layout* foi definido de maneira diferente da área de costura, pois em cada uma das áreas o fluxo de materiais é diferente. Exemplo é na área de corte o *layout* ter ficado em forma de “U” e na área de costura em linhas. Para a área de montagem e acabamento também foi definido um *layout* em linhas e no que diz respeito à área de preparação tanto de solas como de gáspeas foi também definido um *layout* em “U”.

Definido o local tanto das áreas como o *layout* de cada uma, o passo seguinte foi a realização do *layout* da nova área de manutenção (mecânicos, eletricitas e zona de moldes e formas), laboratório, estufa do PU. Para estas áreas devido à redução de espaço a que seriam sujeitas, um novo estudo teve de ser levado a cabo para que nada deixasse de funcionar corretamente. Outro factor a ter em conta foi o facto de tanto a estufa do PU como a área de manutenção terem de dar apoio ao pavilhão dois. As condições que esta área teria de seguir eram as seguintes:

- A estufa do PU teria de ficar ao lado da zona de mistura do PU com as tintas e o mais perto possível do pavilhão dois devido ao arrefecimento do PU desde a saída da estufa até a colocação na máquina;
- A zona de manutenção teria de dar apoio tanto ao pavilhão três como ao pavilhão dois e, por isso, não poderia estar muito distante do pavilhão dois.

Feito o estudo da área que havia disponível, de todas as máquinas e equipamentos que teriam de ser colocados e das restrições a que esta zona estava sujeita, foi realizado o *layout* dessas áreas.

4 Resultados

No capítulo seguinte serão apresentados todos os resultados obtidos. Em primeiro lugar são apresentados os resultados do primeiro caso de estudo, isto é, os resultados do percurso de abastecimento à fábrica, da área de montagem e da área de acabamento. Por fim são apresentados os resultados para o segundo caso de estudo, ou seja, o *layout* final de um dos pavilhões da fábrica.

4.1 Percurso de Abastecimento à Fábrica

Com a implementação de um sistema *Milk Run* na Ecco'let Portugal, foi possível verificar melhorias quer na distância percorrida por parte do *Mizusumashi*, no tempo entre os abastecimentos e na forma como o abastecimento era feito. A seguinte figura mostra o *layout* do pavilhão onde foi implementado o sistema com as distâncias.

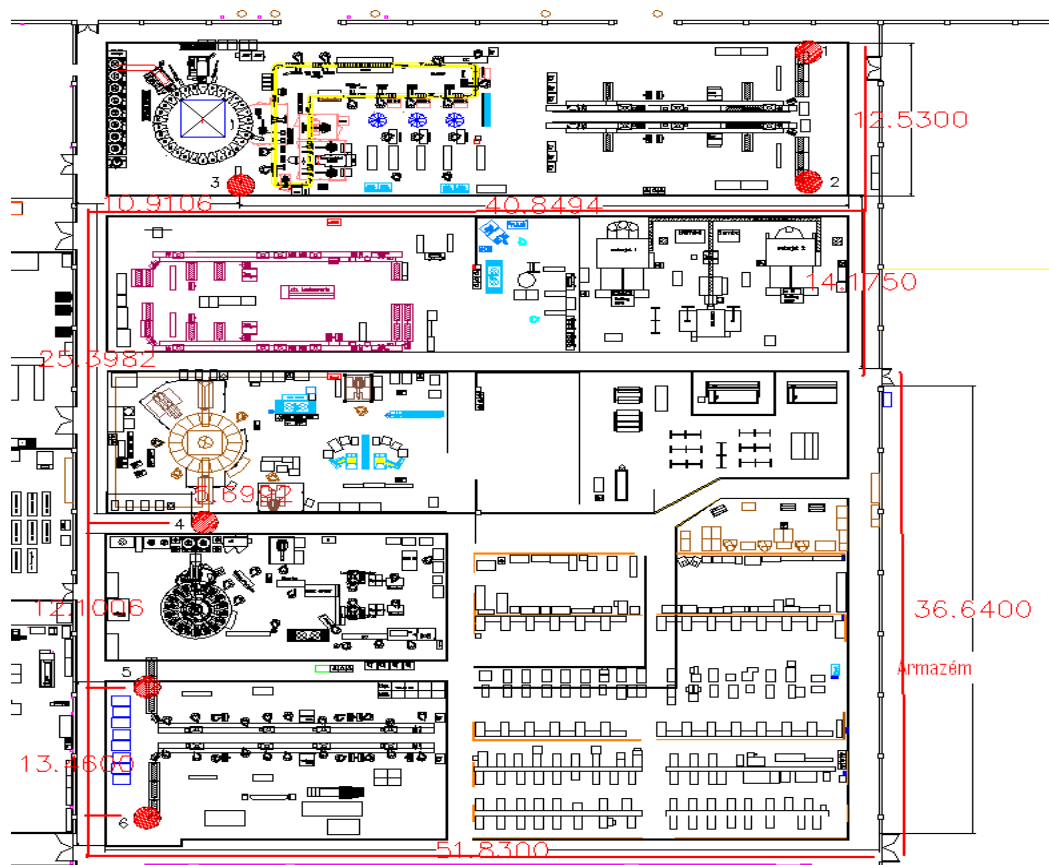


Figura 17: Layout e percurso do Mizusumashi

As linhas a vermelho indicam o percurso “otimizado” encontrado para todo o abastecimento. Já os pontos a vermelho numerados de um a seis indicam os pontos estratégicos de abastecimento.

Anteriormente havia quatro percursos na fábrica:

- Percurso Um – Armazém até ao abastecimento aos pontos um e dois;
- Percurso Dois – Armazém até ao abastecimento ao ponto três;
- Percurso Três – Armazém até ao abastecimento ao ponto quatro;
- Percurso Quatro – Armazém até ao abastecimento aos pontos cinco e seis.

Depois do estudo foi definido somente um percurso representado pela linha a vermelho na figura dezassete.

Calculando as distâncias dos quatro anteriores percursos e do percurso implementado é possível observar uma redução da distância percorrida para metade. Ou seja, percorrendo os quatro trajetos para abastecer todos os pontos como era feito anteriormente, o operador percorria uma distância de 440m enquanto percorrendo todos os pontos num só percurso como foi definido o operador apenas percorre 242m.

Quanto ao tempo despendido no percurso, obtiveram-se os seguintes tempos:

- Do armazém até ao ponto estratégico um: 10s;
- Do ponto estratégico um até ao dois: 7s;
- Do ponto estratégico dois até ao três: 45s;
- Do ponto estratégico três até ao quatro: 33s;
- Do ponto estratégico quatro até ao cinco: 17s;
- Do ponto estratégico cinco até ao seis: 8s;
- Do ponto estratégico seis até de novo ao armazém: 40s.

Somando todos estes tempos e juntando o tempo despendido no armazém equivalente a 300s, tem-se um tempo de percurso de 460s (7min e 40s). Fica-se também a saber de quanto em quanto tempo o *Mizusumashi* passa em cada ponto de abastecimento.

4.2 Área de Montagem

Em relação à área de montagem, após atingidos os objetivos propostos, verificaram-se claras melhorias no que toca ao abastecimento e manuseamento de matérias-primas.

Com a implementação do sistema de *kanbans*, não se voltou a verificar rutura de *stock* e a quantidade de matérias-primas na estante de apoio deixou de ser um problema e passou a ser sempre muito bem controlada. Todas as caixas foram identificadas consoante as matérias-primas que transportavam e armazenavam, assim como o local das mesmas na estante de apoio e no posto de trabalho. Com isso, não se verificaram mais trocas de caixas entre matérias-primas e desorganização no local de montagem.

A figura seguinte, Fig.18 mostra como a estante de apoio ficou após todos os objetivos alcançados.



Figura 18: Estante de apoio com identificações

4.3 Área de Acabamento

Na área de acabamento, todos os objetivos foram alcançados exceto os das caixas de embalar sapatos, como já foi referido na secção da metodologia.

Os *stocks* mínimos e máximos foram definidos para todos os materiais consoante o tempo que estes demoravam a terminar e o tempo que o *mizusumashi* demorasse a passar para repô-los. Com isto, deixaram de haver ruturas de *stock* nas linhas de acabamento e excesso de materiais em alguns locais.

Foi implementado um sistema de *kanban* para todos os materiais analisados (tanto os físicos como os químicos) de modo à reposição dos mesmos ser automatizada. Ou seja, através de um sistema de *kanban* deixou de ser necessário os vários operadores da linha pedirem mais materiais quando estes acabassem ou se aproximassem disso. Assim evitaram-se quebras de materiais por erros ou esquecimento dos operadores, pois com o uso do *kanban*, quando se chegasse ao *stock* mínimo de um material, o operador obrigatoriamente teria de colocar o *kanban* no posto destinado para continuar o seu trabalho. Resta ainda referir que consoante o tipo de material, diferentes tipos de *kanbans* foram utilizados para tirar o máximo partido do sistema.

Na figura seguinte podemos ver um dos exemplos implementados para o uso de *kanban*.



Figura 19: Creme em *spray* com sistema *kanban*

Foram também adquiridas todas as caixas e equipamentos necessários para organizar todos os materiais, acabando assim com toda a desorganização existente nesta área.

O manuseamento destes materiais melhorou bastante, o que contribuiu também para o aumento da produtividade da linha.

Em relação ao balanceamento das linhas, após implementado toda a distribuição nas linhas consoante o estudo feito, também se repararam bastantes melhorias.

No que diz respeito à produtividade da linha, notou-se um claro aumento devido à maior eficiência dos modelos.

A existência de estrangulamentos nas linhas também deixou de ser um problema visto todas as tarefas estarem distribuídas de forma a que os operadores tivessem o mesmo tempo de processamento.

A tabela seguinte mostra a eficiência e produtividade da linha para os modelos analisados.

Tabela 4: Produtividade e eficiência de alguns modelos produzidos no final do estágio

Modelo	Quantidade Produzida/Hora	Número de Pessoas na Linha	Eficiência
Transporter 503514 black	85	6	81%
Transporter 503504 black	90	7	75%
Camberra 622024 black	50	10	82%
Summer Sneaker 540024 ombre	100	7	94%
Summer Sneaker 540024 black	100	8	92%
Chander 545004	100	6	92%

Não se chegou à eficiência pretendida em alguns modelos, devido a problemas com os vários componentes do sapato. Isto é, problemas como a qualidade da pele ou solas

danificadas resultavam em tempos de ciclo das tarefas de acabamento maiores o que, por sua vez, diminuía a eficiência da linha. Mesmo assim, a eficiência alcançada foi considerada muito boa e notou-se um aumento significativo na produtividade das linhas. Isto, por sua vez, levou a um aumento dos ganhos da empresa.

4.4 Segundo Caso de Estudo

No segundo caso de estudo, o *layout* de um dos pavilhões foi refeito tendo em conta os objetivos delineados.

Para se perceber melhor as mudanças a nível de *layout* deste pavilhão, pode-se observar a seguinte figura.

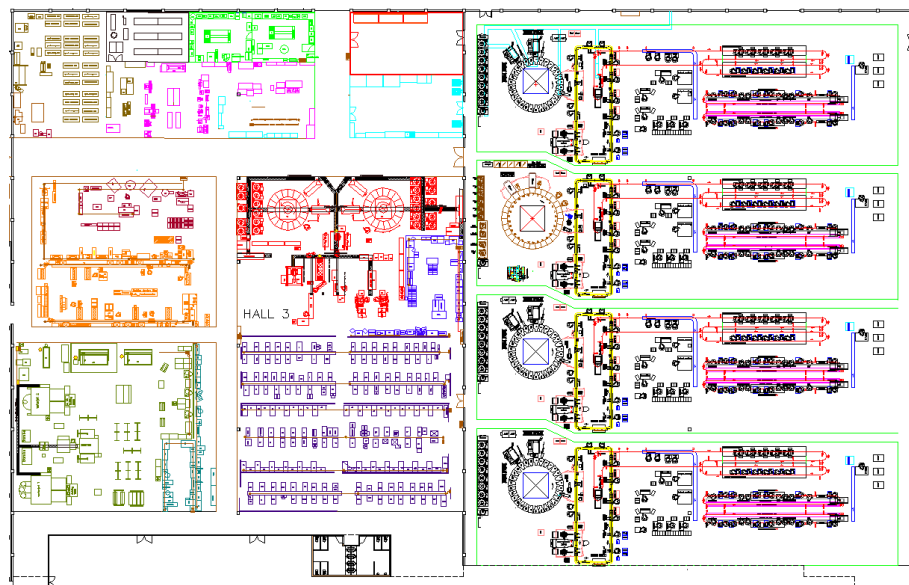


Figura 20: Novo *layout* do pavilhão três e dois à direita e à esquerda respetivamente

Analisando melhor o que ficou diferente no pavilhão três, basta comparar a figura vinte com figura dezasseis. Analisando agora cada uma das áreas do pavilhão três, a verde escuro encontra-se a área de corte, a azul escuro a costura e a azul claro e a roxo a área de preparação de montagem. A vermelho está descrita a área de montagem englobando as duas máquinas de injeção e a laranja a área de acabamento. Observando bem estas áreas e reparando na porta existente junto da área de acabamento e de corte, é possível perceber a sequência delineada. Ou seja, os materiais vêm do pavilhão quatro para o pavilhão três entrando logo na área de corte. Após o corte dos materiais os diferentes componentes seguem para a área de costura para depois se dirigirem para a montagem e finalmente para o acabamento. Finalizando o processo de acabamento, as amostras vão para o pavilhão quatro pela mesma porta. Com esta sequência, a produção de amostras torna-se mais rápida

e organizada pois as diferentes áreas estão bem delineadas, as distâncias entre elas o menor possível resultando num melhor fluxo de tarefas.

A área a norte do pavilhão diz respeito à manutenção, ou seja, a lilás a área de mecânicos, a azul marinho a área de eletricitas, a castanho a secção de moldes e formas, por fim a vermelho a estufa do PU e ao laboratório a verde.

5 Conclusões e Futuros Desenvolvimentos

Neste capítulo, todas as conclusões recolhidas do projeto são apresentadas, assim como as limitações encontradas e propostas para futuras otimizações.

5.1 Conclusões

Atualmente, a Ecco'let Portugal, está num processo de grande mudança para se adaptar ao futuro que se avizinha. É uma empresa que está a crescer em Portugal numa conjuntura de crise, representando um exemplo a seguir no ramo do calçado.

No que diz respeito ao projeto aqui descrito, podemos falar em duas realidades diferentes.

Na primeira parte do projeto, que diz respeito à otimização da reposição de materiais e matérias-primas à unidade fabril com a implementação de um sistema *milk run* e do balanceamento das linhas de acabamento, todos os objetivos, exceto para um dos materiais foram alcançados tanto a nível teórico como na prática. Em relação ao material a que não se chegou ao objetivos propostos, isto deveu-se ao custo que a solução tinha e o facto de estarem previstas obras para a fábrica e consequente mudança de *layout*, o que tornava este investimento desnecessário. Para as matérias-primas e materiais para os quais se alcançaram os objetivos, as melhorias foram bastantes significativas pois o abastecimento das mesmas tornou-se um processo autónomo e deixou de se verificar ruturas de *stock*, excesso de materiais nas linhas e desorganização nas mesmas. Em relação ao balanceamento das linhas de acabamento, verificou-se uma diminuição dos tempos de ciclo de cada modelo, diminuição do tempo inativo de cada operador e um maior fluxo na linha. Isto levou ao aumento da produtividade de todas as linhas que era o grande objetivo a alcançar.

Na segunda parte do projeto, que diz respeito ao *layout* de um dos pavilhões da fábrica, os objetivos apenas foram alcançados a nível teórico visto as obras ainda se encontrarem em curso aquando o fim do estágio. Neste caso foi necessário o desenvolvimento de um estudo para perceber qual a melhor disposição possível tanto das máquinas como dos equipamentos. O objetivo era diminuir o tempo e distância de transporte entre as várias áreas que o sapato percorre durante o processo produtivo. Após a conclusão das obras espera-se que o *layout* seja respeitado na medida em que, de acordo com o estudo efetuado, configura a alternativa mais eficiente para a fábrica.

Durante os oito meses (3 de Setembro a 30 de Abril) que durou o projeto, foi possível perceber como uma empresa multinacional funciona. Novos conhecimentos foram adquiridos, tanto na área do *lean* como na área de balanceamento das linhas. Na realização do *layout* fabril foi estudado como pode e deve ser realizado e um novo *software* foi explorado (AutoCad).

De uma forma geral, todo o projeto foi bem sucedido e bastante vantajoso tanto para a empresa pelos sistemas implementados como para mim através de todos os novos conhecimentos adquiridos.

5.2 Limitações Encontradas e Proposta para Futuras Otimizações

No que diz respeito a limitações encontradas durante todo o projeto desenvolvido, pode-se considerar a forma que os operários da fábrica comprometeram alguns resultados através de erros e certas matérias-primas danificadas que resultavam no aumento do tempo de ciclo no balanceamento das linhas e consequente menor eficiência das linhas. Além disso, no caso de alguns trabalhadores, verificou-se o aumento de tempo de execução de tarefas quando estavam a ser cronometrados.

O facto de não haver um *mizusumashi* elétrico foi outra limitação pois tornava o abastecimento à fábrica mais lento e a quantidade de matérias-primas e materiais transportada era menor.

Por fim, devido ao segundo tema do projeto não ter sido realizado na prática, fez com que não fosse possível verificar se o estudo teórico e consequente *layout* realizado fosse o mais correto.

Para futuras otimizações, considero que o melhoramento do *layout* das linhas de acabamento é uma tarefa a levar a cabo, pois irá diminuir desperdícios e facilitar algumas tarefas principalmente no que diz respeito ao embalamento dos sapatos. O veículo utilizado no abastecimento é outro ponto que pode ser otimizado pois pode ser elétrico em vez de manual para diminuir o tempo a percorrer as distâncias. O sistema *milk run*, pode ser implementado à nova área de amostras devido à quantidade de materiais existente e da dimensão da nova área. Caso seja implementado, certamente existirão melhorias no processo de abastecimento assim como aconteceu na área produtiva.

Por fim, há que ter em conta também a disposição das máquinas e equipamentos no final das obras que pode eventualmente ser melhorado depois de pôr em prática o *layout* efetuado visto todo o estudo apenas ser teórico.

Bibliografia

Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 223-236.

Allway, M., & Corbett, S. (2002). Shifting to lean service: Stealing a page from manufacturers' playbooks. *Journal of Organizational Excellence*, 21(2), 45-54.

Askin, R. G., & Krishnan, S. (2009). Defining inventory control points in multiproduct stochastic pull systems. *International Journal of Production Economics*, 120(2), 418-429.

Battaïa, O., & Dolgui, A. A taxonomy of line balancing problems and their solution approaches. *International Journal of Production Economics*(0).

Bautista, J., & Pereira, J. (2011). Procedures for the Time and Space constrained Assembly Line Balancing Problem. *European Journal of Operational Research*, 212(3), 473-481.

Becker, C., & Scholl, A. (2006). A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, 168(3), 694-715.

Boysen, N., Fliedner, M., & Scholl, A. (2007). A classification of assembly line balancing problems. *European Journal of Operational Research*, 183(2), 674-693.

Boysen, N., Fliedner, M., & Scholl, A. (2008). Assembly line balancing: Which model to use when? *International Journal of Production Economics*, 111(2), 509-528.

Brar, G. & Saini, G., (2011). "Milk Run Logistics: Literature Review and Directions." Proceedings of the World Congress on Engineering 2011, Vol 1.

Cuatrecasas Arbós, L. s. (2002). Design of a rapid response and high efficiency service by lean production principles: Methodology and evaluation of variability of performance. *International Journal of Production Economics*, 80(2), 169-183.

Drira, A., Pierreval, H., & Hajri-Gabouj, S. (2007). Facility layout problems: A survey. *Annual Reviews in Control*, 31(2), 255-267.

- Du, T., Wang, F. K., & Lu, P.-Y. (2007). A real-time vehicle-dispatching system for consolidating milk runs. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(5), 565-577.
- González-Cruz, M. C., & Gómez-Senent Martínez, E. (2011). An entropy-based algorithm to solve the facility layout design problem. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 27(1), 88-10.
- Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Selection of new production facilities with the Group Analytic Hierarchy Process Ordering method. *Expert Systems with Applications*, 38(6), 7317-7325
- Kim, Y. K., Hyun, C. J., & Kim, Y. (1996). Sequencing in mixed model assembly lines: A genetic algorithm approach. *Computers & Operations Research*, 23(12), 1131-1145
- Lage Junior, M., & Godinho Filho, M. (2010). Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics*, 125(1), 13-21.
- Lee, H.-T., & Wang, M. H. (2008). On the search of workstations arrangement in pull production systems. *Computers & Industrial Engineering*, 54(3), 613-623.
- Liang, L. Y., & Chao, W. C. (2008). The strategies of tabu search technique for facility layout optimization. *Automation in Construction*, 17(6), 657-669.
- Naufal, A., Jaffar, A., Yusoff, N., & Hayati, N. (2012). Development of Kanban System at Local Manufacturing Company in Malaysia–Case Study. *Procedia Engineering*, 41(0), 1721-1726.
- Nomura, J., & Takakuwa, S. (2006). *Optimization of a number of containers for assembly lines : The fixed-course pick-up system* (Vol. 5).
- Rahani, A. R., & al-Ashraf, M. (2012). Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study. *Procedia Engineering*, 41(0), 1727-1734.
- Raman, D., Nagalingam, S. V., & Lin, G. C. I. (2009). Towards measuring the effectiveness of a facilities layout. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 25(1), 191-203.
- Song, B. L., Wong, W. K., Fan, J. T., & Chan, S. F. (2006). A recursive operator allocation approach for assembly line-balancing optimization problem with the consideration of operator efficiency. *Computers & Industrial Engineering*, 51(4), 585-608.

Tardif, V., & Maaseidvaag, L. (2001). An adaptive approach to controlling kanban systems. *European Journal of Operational Research*, 132(2), 411-424.

Team, P. P. D. (2002). *Kanban for the Shop Floor: The Productivity Press Development Team*: Taylor & Francis.

Xu, W., & Xiao, T. (2011). Strategic robust mixed model assembly line balancing based on scenario planning. *Tsinghua Science and Technology*, 16(3), 308-314.

Yang, T., & Hung, C.-C. (2007). Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23(1), 126-137.